

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MARIA CLÉA BRITO DE FIGUEIRÊDO

**MODELO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INOVAÇÕES
TECNOLÓGICAS AGROINDUSTRIAIS, CONSIDERANDO O CONCEITO DE
CICLO DE VIDA E A VULNERABILIDADE AMBIENTAL: AMBITEC-CICLO DE
VIDA**

**FORTALEZA
2008**

MARIA CLÉA BRITO DE FIGUEIRÊDO

MODELO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INOVAÇÕES
TECNOLÓGICAS AGROINDUSTRIAIS, CONSIDERANDO O CONCEITO DE CICLO
DE VIDA E A VULNERABILIDADE AMBIENTAL: AMBITEC-CICLO DE VIDA

Tese submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota

FORTALEZA
2008

MARIA CLÉA BRITO DE FIGUEIRÊDO

MODELO DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE INOVAÇÕES
TECNOLÓGICAS AGROINDUSTRIAIS, CONSIDERANDO O CONCEITO DE CICLO
DE VIDA E A VULNERABILIDADE AMBIENTAL: AMBITEC-CICLO DE VIDA

Tese submetida à Coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração Saneamento Ambiental.

Aprovada em 17/12/2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Vicente P. P. B. Vieira
Universidade Federal do Ceará – UFC

Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dra. Morsyleide de Freitas Rosa
Embrapa Agroindústria Tropical

Dra. Kátia Regina Evaristo de Jesus-Hitzschky
Embrapa Meio Ambiente

A meus pais Clemilda e Macário, meu esposo
Hugo Jr. e filhos Victor, Lara e Hugo Neto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, coragem e presença em todos os momentos da minha vida.

À minha família que sempre me inspirou a procurar e fazer o melhor. Em especial, minha mãe, por sempre fazer parte das minhas conquistas, meu esposo e companheiro Hugo, pelo amor e determinação em me ajudar e meus filhos por darem brilho e enobrecerem a minha existência.

À Embrapa por apoiar financeiramente esse trabalho e me liberar integralmente para realização do mesmo.

Ao Prof. Dr. Suetônio Mota da UFC, pela valiosa orientação desse trabalho e aulas sobre métodos de avaliação de impacto ambiental.

À Dra. Morsyleide de Freitas Rosa, pela amizade, co-orientação e fonte de inspiração humana e profissional.

Ao Prof. Dr. Vicente Vieira da UFC, pelas valiosas aulas sobre estruturação de sistemas de indicadores ambientais e contribuições no desenvolvimento do modelo.

Ao Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues, da Embrapa Meio Ambiente, pela co-orientação, apoio e valiosa contribuição na estruturação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida.

Ao Prof. Dr. Armando Caldeira Pires da UNB, pela co-orientação e valiosa contribuição na área de Análise de Ciclo de Vida.

À Prof^a. Dra. Marisete Dantas, pelas valiosas aulas de gestão ambiental.

Ao Prof. Adunias S. Teixeira pelas aulas de geoprocessamento e valiosas contribuições no exame de qualificação.

Ao Prof. José Carlos Araújo pelas aulas sobre erosão e assoreamento e pelas contribuições na área de vulnerabilidade ambiental.

Ao amigo e pesquisador Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão, por desenhar e conduzir o experimento de campo associado ao uso de substratos na produção de mudas e de rosas.

Ao pesquisador e professor Dr. Lindbergue Araujo Crisostomo, pela orientação sobre a caracterização físico-química dos substratos e realização, com sua equipe, das análises laboratoriais dos substratos e das águas utilizadas na irrigação.

Ao pesquisador e amigo Dr. Levi de Mora Barros pela eterna disponibilidade em ajudar.

Ao pesquisador Dr. Fábio Rodrigues de Miranda pelas contribuições na área de irrigação e coordenação da instalação do sistema de irrigação no experimento com rosas.

Ao pesquisador Dr. José Américo Bordini do Amaral pelas contribuições na área de modelagem.

Aos pesquisadores Dr. Edy Sousa de Brito, Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos e Dra. Maria de Fátima Borges, pelas contribuições na área de segurança de alimentos.

A Adriano Lincoln Albuquerque Mattos pelo apoio financeiro na condução da coleta de dados nas empresas e longas conversas sobre sustentabilidade de inovações.

A Luís Veras, por me acompanhar nas visitas às empresas e ajudar na coleta de dados.

Ao pesquisador Dr. Renato Carrah Leitão, pelas várias contribuições, principalmente na organização dos materiais e métodos.

Ao bolsista Samuel Antônio Miranda de Sousa por ajudar na coleta de dados de vulnerabilidade ambiental das bacias e elaboração de mapas.

Aos amigos Prof^a. Lúcia de Fátima Pereira de Araújo e Prof. Raimundo Bemvindo Gomes pela valiosa contribuição na área de qualidade da água.

À equipe coordenada pelo Prof. Bemvindo do LIAMAR/CEFET pela realização das análises laboratoriais dos efluentes líquidos.

Ao gerente da COGERH, Sr. Walt Disney Paulino, por disponibilizar dados relativos à qualidade das águas dos açudes cearenses.

Ao Sr. Maurrem Ramon Vieira, da ANA, por disponibilizar dados de qualidade da água da bacia do Baixo Mundaú, em Alagoas.

À gerência da Cooperativa de Beneficiamento do Coco Verde do Jangurussu, no Ceará, por facilitar o levantamento de dados sobre produção de substrato de coco verde.

Ao Dr. Júlio Cantilho, por permitir e acompanhar o experimento do uso de substratos de coco verde e seco na empresa Cearosa, em Guaraciaba do Norte, CE. À equipe de técnicos agrícolas da Cearosa, em especial, à Simone, pela coleta criteriosa e diária de dados de campo.

Ao Sr. Antônio Expedito, proprietário da empresa Recicasco, em Alagoas, por permitir o levantamento de dados relativo à produção de substrato de coco seco.

À empresa Ducoco por permitir a coleta de dados sobre incorporação de cascas de coco seco ao solo.

À empresa ECOFOR e ao Sr. Francisco Helano Meneses Brilhante, gerente do ASMOC, por disponibilizarem dados relativos ao funcionamento do aterro ASMOC.

RESUMO

Inovações agroindustriais têm contribuído para uma maior oferta de alimentos e impulsionado o desenvolvimento econômico no Brasil e em outros países. Entretanto, a percepção de que o desenvolvimento econômico depende da conservação ambiental e de uma sociedade educada, sadia e participativa para que seja sustentável no longo prazo, conclama o uso de ferramentas de avaliação ambiental no processo de inovação. Esse trabalho busca contribuir com o desenvolvimento tecnológico agroindustrial sustentável, oferecendo um modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais que considera o conceito do ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental das regiões onde as inovações são inseridas: modelo Ambitec-Ciclo de Vida. Esse modelo tem como referência o Sistema Ambitec-Agro de avaliação ambiental de tecnologias agroindustriais, atualmente adotado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que avalia uma inovação em comparação à outra tecnologia existente tendo como escopo de estudo a unidade produtiva usuária da tecnologia. Esse Sistema foi expandido com o auxílio da análise multicritério e da série de normas ISO 14040 relativas à análise de ciclo de vida, para contemplar outras etapas do ciclo de vida de inovações agroindustriais, quais sejam: produção da matéria prima ou descarte do resíduo utilizado como matéria-prima, produção, uso e descarte final do produto. Em cada etapa, avalia-se também a vulnerabilidade das bacias hidrográficas, onde cada unidade produtiva ou de descarte está localizada. O estudo da vulnerabilidade se refere às questões ambientais relacionadas à agroindústria e que são importantes no âmbito de bacias, quais sejam: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez e poluição hídrica. O estudo da vulnerabilidade gera um índice para cada bacia que entra na avaliação de desempenho de inovações como um fator de ponderação dos indicadores de desempenho relacionados às pressões com potencial de causar impacto em bacias hidrográficas. O modelo foi estruturado em planilhas Excel para facilitar a entrada de dados e geração de resultados em gráficos e tabelas. A análise de sensibilidade do modelo mostra que mudanças em cada um dos indicadores utilizados acarretam modificações no índice final de desempenho, mas que mudanças maiores no índice final devido a alterações no valor de um indicador podem ocorrer quando a posição da inovação em relação à tecnologia existente de comparação é invertida, tornando-a melhor ou pior em relação à outra, de acordo com o tipo de indicador. O modelo foi aplicado na avaliação do produto “substrato de coco verde” (SCV) desenvolvido pela Embrapa Agroindústria Tropical, em comparação ao produto já comercializado “substrato de coco seco” (SCS), avaliando-se o desempenho ambiental desses produtos na produção de rosas da variedade Carola. Observou-se que, considerando os valores médios, o desempenho do SCV foi superior ao do SCS em duas etapas do ciclo de vida (descarte de casca de coco e uso na produção de mudas) e inferior nas demais, revelando que melhorias no processo de produção desse substrato precisam ser adotadas para que seu desempenho possa sobrepujar o do SCS. Os resultados da aplicação do modelo apontam para a importância de avaliar o desempenho de uma inovação ao longo do seu ciclo de vida, para que os benefícios oriundos da sua aplicação possam ser observados além do local onde é utilizada.

Palavras-chave: inovação agroindustrial, ciclo de vida, vulnerabilidade ambiental, desempenho ambiental, Ambitec-Ciclo de Vida

ABSTRACT

Agro-industrial technological innovations have met the growing food demand and sprung economic development in Brazil and in other parts of the world. However, the perception that economic development depends on environmental conservation and on an educated, healthy and participative society to be sustainable in the long run calls for the use of environmental evaluation tools in the innovation process. This work aims to contribute to the sustainable development of agro-industrial innovations, presenting the Ambitec-Life Cycle, a model that evaluates the environmental performance of agro-industrial innovations, considering the life cycle concept and the vulnerability of the watersheds where each phase of a technology life cycle occurs. The proposed model took as initial reference the Ambitec-Agro System, currently adopted by the Brazilian Agriculture Research Corporation (EMBRAPA), in the evaluation of its innovations. The Ambitec-Agro evaluates the performance of an innovation in comparison with an existing technology, focusing the analysis on the innovation-adopting establishment scale. The multicriteria analysis and the set of rules ISO 14.040, related to life cycle analysis, were used to expand the scope of the Ambitec-Agro System, introducing in the performance evaluation other phases of an innovation life cycle: raw material production or waste disposal (in case the technology causes waste disposal instead of its use as raw material), technology production, technology use and its final disposal. In each life cycle phase of an innovation, the environmental vulnerability of the watersheds where the production units are located is also evaluated. The environmental vulnerability refers to the issues currently related to agro-industrial activities that can cause impact at the watershed level, which are: loss of biodiversity, soil erosion, soil compaction, soil salinization and sodification, desertification, water scarcity and water pollution. The vulnerability analysis generates an index to each watershed that enters at a technology performance evaluation as a weight to those performance indicators that represent sources of pressure and potential impact at the watershed scale. The Ambitec-Life Cycle was implemented in Excel spreadsheets in order to facilitate data input and results generation in tables and graphics formats. The sensitivity analysis of the model shows that change in the value of each indicator contributes to change in the final environmental performance index. However, a change in the indicator value can lead to higher change in the final performance index when this change inverts the position of an innovation in relation to the compared technology, turning an innovation indicator value higher or smaller than the comparing technology indicator value. The model was applied in the evaluation of the innovation “immature coconut substrate (ICS)”, developed by Embrapa Tropical Agroindustry, as compared to the existing substitute technology “mature coconut substrate (MCS)” in rose production of the Carola variety. Considering indicators’ average values, the ICS environmental performance was higher than the MCS performance in the phases of raw material disposal and use of substrate in rose seedling production and lower in the phases of substrate production, substrate use in rose production and substrate final disposal, revealing that changes in the production process must be developed and implemented in order to improve ICS final results. This environmental evaluation reinforced the importance of taking into account all the phases of a technology life cycle to compare its performance against its potential substitutes, in order to identify opportunities for improvements that benefits its entire life cycle.

Keywords: agro-industrial innovation, life cycle, environmental vulnerability, environmental performance

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Dimensões da sustentabilidade segundo Goodland e Daly (1996)	27
FIGURA 2	Dimensões da sustentabilidade segundo Chimbuya, Prescott-Allen e Lee-Smith	28
FIGURA 3	Estrutura de uma análise multicritério genérica.	56
FIGURA 4	Modelo Pressão Estado Resposta	57
FIGURA 5	Modelo sistêmico	58
FIGURA 6	Decisão no uso de índices e indicadores	59
FIGURA 7	Estrutura de avaliação do Ambitec-Agricultura	70
FIGURA 8	Estrutura de avaliação do Ambitec-Produção Animal	70
FIGURA 9	Estrutura de avaliação do Ambitec-Agroindústria	71
FIGURA 10	Estrutura de avaliação do Ambitec-Social	71
FIGURA 11	Etapas do ciclo de vida de um produto genérico	82
FIGURA 12	Fases de uma ACV, conforme ISO 14040	83
FIGURA 13	Elementos da etapa de avaliação de impacto na ACV (ABNT, 2004b)	85
FIGURA 14	Exemplo de caracterização	86
FIGURA 15	Modelo geral de avaliação de impactos na ACV	89
FIGURA 16	Etapas do trabalho de pesquisa	91
FIGURA 17	Estrutura hierárquica de organização dos indicadores ambientais ao longo do ciclo de vida	95
FIGURA 18	Estrutura hierárquica de organização dos indicadores de vulnerabilidade ambiental	96
FIGURA 19	Entrada do ASMOC	103
FIGURA 20	Célula para disposição do lixo, com canaletas para coleta do chorume	103
FIGURA 21	Fluxograma do processo de disposição das cascas no ASMOC	103
FIGURA 22	Trator compactando o lixo	104
FIGURA 23	Drenos para coleta de gases	104
FIGURA 24	Chorume coletado	104
FIGURA 25	Iluminação da área de descarregamento de lixo	104
FIGURA 26	Fluxograma da incorporação de cascas de coco seco ao solo	105
FIGURA 27	Retirada da amêndoa no campo e descarte das cascas	106
FIGURA 28	Cascas de coco seco distribuídas no coqueiral	106
FIGURA 29	Cascas trituradas, após passagem de trator com trincha	106
FIGURA 30	Cascas incorporadas ao solo, após passagem de trator com grade	106
FIGURA 31	Fluxograma do processamento da casca de coco verde	108
FIGURA 32	Cascas de coco seco selecionadas para processamento	109
FIGURA 33	Máquinas de processamento (trituração, prensagem, separação)	109
FIGURA 34	Geração de LCCV	109
FIGURA 35	Resíduos das esteiras	109
FIGURA 36	Substrato retirado da máquina	109
FIGURA 37	Substrato em pilha para estabilização	109
FIGURA 38	Lavagem do substrato	110
FIGURA 39	Lavagem da máquina	110
FIGURA 40	Fluxograma do processamento da casca de coco seco	112
FIGURA 41	Máquinas de processamento (trituração, peneiramento, lavagem)	113
FIGURA 42	Esteira que conduz as cascas de coco seco ao triturador	113

FIGURA 43	Primeira peneira rotativa que separa o pó de fibrilas	113
FIGURA 44	Efluente da lavagem das fibras	113
FIGURA 45	Pó obtido após lavagem das fibras	113
FIGURA 46	Secagem ao sol do pó úmido	113
FIGURA 47	Peneiramento do pó com fibrilas após secagem ao sol	114
FIGURA 48	Sobras ao longo do processo	114
FIGURA 49	Fluxograma da produção de mudas	116
FIGURA 50	Lavagem do substrato	116
FIGURA 51	Controle da CE do efluente da lavagem	116
FIGURA 52	Preparação das mudas nas bandejas	117
FIGURA 53	Recobrimento das mudas com plástico	117
FIGURA 54	Mudas após 40 dias	117
FIGURA 55	Classificação das mudas (plantas com enraizamento considerado “bom” e “ótimo” foram utilizadas na produção de rosas e as demais, refugadas)	117
FIGURA 56	Fluxograma geral da produção de rosas	118
FIGURA 57	Lavagem inicial do substrato	119
FIGURA 58	Plantio de mudas	119
FIGURA 59	Sistema de irrigação por gotejamento, com copos para coleta da vazão na realização do teste de uniformidade da vazão dos gotejadores	119
FIGURA 60	Experimento montado com hidrômetros para controle do volume de água irrigado.	119
FIGURA 61	Coleta da drenagem diária da produção de rosas	119
FIGURA 62	Lavagem do substrato durante o cultivo para redução da CE	119
FIGURA 63	Roseiras com rosas em ponto de colheita	120
FIGURA 64	Varietade Salmone em ponto de colheita	120
FIGURA 65	Classes de rosas (da esquerda para a direita, 1ª e 2ª – qualidade aceitável, 3ª – refugo)	120
FIGURA 66	Refugo de roseiras e substrato encaminhado para pátio de compostagem	122
FIGURA 67	Leira do pátio de compostagem	122
FIGURA 68	Estrutura geral do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	126
FIGURA 69	Sistemática de comparação geral de produtos (Situação 1)	128
FIGURA 70	Sistemática de comparação de produtos da Situação 2	129
FIGURA 71	Sistemática de comparação de produtos da Situação 3	130
FIGURA 72	Detalhamento do modelo Ambitec-Ciclo de Vida de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais	132
FIGURA 73	Estrutura de organização dos indicadores utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental de uma bacia hidrográfica	135
FIGURA 74	Estrutura de organização dos indicadores utilizados na avaliação de Desempenho Ambiental de tecnologias	157
FIGURA 75	Localização das bacias hidrográficas em estudo	187
FIGURA 76	Dados Gerais da avaliação de desempenho ambiental do SCV em comparação ao SCS, na produção de rosas da variedade Carola	197
FIGURA 77	Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação do uso do SCV e SCS na produção de Carola	199
FIGURA 78	Resultado do desempenho ambiental dos critérios na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	200

FIGURA 79	Resultado do desempenho ambiental dos princípios na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	200
FIGURA 80	Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	201
FIGURA 81	Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 2 – Produção, na avaliação do uso do SCV e SCS na produção de Carola	206
FIGURA 82	Resultados dos critérios de desempenho na Etapa 2 – produção, da avaliação do uso de SCV e do SCS na produção de rosas Carola	207
FIGURA 83	Resultados dos princípios de desempenho na Etapa 2 – produção, da avaliação do uso SCV e do SCS na produção de rosas Carola	207
FIGURA 84	Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 2 – produção, da avaliação do uso dos SCV e SCS na produção de rosas Carola	208
FIGURA 85	Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 3a – Uso do SCV e SCS na produção de mudas de rosas Carola	214
FIGURA 86	Resultados por critério na Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas Carola, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	215
FIGURA 87	Resultados por princípio na Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	216
FIGURA 88	Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	216
FIGURA 89	Resultados dos critérios de desempenho ambiental na Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS	220
FIGURA 90	Resultados dos princípios de desempenho ambiental na Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho dos SCV e SCS	221
FIGURA 91	Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho dos SCV e SCS	221
FIGURA 92	Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 4 – Descarte dos SCV e SCS utilizados na produção de Carola	228
FIGURA 93	Resultados dos critérios de desempenho ambiental na Etapa 4 – Descarte final dos substratos após produção de rosas Carola	229
FIGURA 94	Resultados dos princípios de desempenho ambiental na Etapa 4 – Descarte final dos substratos após produção de rosas Carola	229
FIGURA 95	Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 4 – Descarte final de substratos após cultivo de rosas Carola	230
FIGURA 96	Amostra de insetos encontrados no SCV ao final do cultivo	232
FIGURA 97	Conjunto de indicadores, critérios e princípios utilizados na avaliação final de desempenho ambiental dos SCV e SCS utilizados na produção de Carola, considerando todas as etapas do ciclo de vida	234
FIGURA 98	Desempenho ambiental dos critérios na avaliação final dos SCV e	235

	SCS, considerando a produção de rosas Carola	
FIGURA 99	Desempenho ambiental dos princípios na avaliação final dos SCV e SCS, considerando a produção de rosas Carola	236
FIGURA 100	Índice de Desempenho ambiental Final dos SCV e SCS, considerando a produção de rosas Carola	236
FIGURA 101	Resumo dos índices de desempenho de cada etapa e final	237
FIGURA 102	Variações no desempenho dos SCV e SCS ao longo das etapas do ciclo de vida	240
FIGURA 103	Variações nos Critérios na Avaliação Final de Desempenho Ambiental dos SCV e SCS	242
FIGURA 104	Planilha 1 “Dados Gerais”, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchida com um exemplo	294
FIGURA 105	Item “1. Levantamento de campo” das Planilhas 2 a 5 , do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo	295
FIGURA 106	Entrada de dados do item “Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental” presente nas planilhas 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, com os valores originalmente disponíveis ao usuário do modelo	297
FIGURA 107	Entrada de dados do item “Listagem dos princípios de desempenho ambiental” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com os pesos originalmente disponíveis ao usuário do modelo	298
FIGURA 108	Exemplo do Item “Entrada de dados dos indicadores, por critério de desempenho ambiental” das planilhas 2 a 5, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	298
FIGURA 109	Resultados por indicador e critério de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	299
FIGURA 110	Gráficos mostrando os resultados por critério de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	300
FIGURA 111	Resultados por princípio e critério de desempenho ambiental para um exemplo, do item “Resultados” das planilhas 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	301
FIGURA 112	Gráfico mostrando os resultados por princípio de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	301
FIGURA 113	Índice de Desempenho Ambiental de uma Etapa, do item “Resultados” das planilhas 2 a 5 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo	302
FIGURA 114	Indicador com seu valor agregado com valores de um exemplo, do item “Indicadores agregados” da planilha 6, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	302
FIGURA 115	Índice de Desempenho Ambiental Final, ao longo do ciclo de vida, do item “Resultados” da planilha 6 (Desempenho Final), do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo	303
FIGURA 116	Resumo da avaliação de desempenho ambiental de tecnologias ao longo do ciclo de vida, do item “Resultados” da planilha 6, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”	304
FIGURA 117	Planilha “Dados Gerais” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls”	306

	preenchida com um exemplo	
FIGURA 118	Planilha do indicador “1.1 Atividade Agropecuária” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls” preenchida com um exemplo. As planilhas de entrada de dados dos demais indicadores seguem esse padrão	307
FIGURA 119	Planilha “Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls”, preenchida com um exemplo	308

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Estratégias propostas pela Ecoeficiência e Ecologia Industrial	31
TABELA 2	Principais métodos de AIA	34
TABELA 3	Questões ambientais relacionadas às atividades agroindustriais	36
TABELA 4	Resumos das pressões, fatores do meio físico e biótico e respostas sociais associados às questões ambientais da agroindústria	53
TABELA 5	Principais índices de sustentabilidade ambiental utilizados na avaliação de nações e regiões	66
TABELA 6	Coeficientes de alteração do Sistema Ambitec-Agro	72
TABELA 7	Categorias de impacto ambiental consideradas pelos principais modelos de avaliação de ACV	88
TABELA 8	Unidades de Produção e de Descarte visitadas e suas respectivas bacias hidrográficas	101
TABELA 9	Variáveis, metodologias analíticas e referências para análise de efluentes	102
TABELA 10	Fontes de informação dos indicadores de vulnerabilidade ambiental	123
TABELA 11	Níveis de vulnerabilidade	136
TABELA 12	Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental	138
TABELA 13	Classes de vulnerabilidade quanto à sodicidade da água de irrigação	146
TABELA 14	Descrição dos indicadores de desempenho ambiental	158
TABELA 15	Resumo da análise de sensibilidade do modelo	179
TABELA 16	Caracterização dos SCV e SCS utilizados na produção de mudas e de rosas	182
TABELA 17	Memória de cálculo da massa de substrato necessária à produção de uma rosa	184
TABELA 18	Rendimento das cascas de coco verde e seco na produção de pó e fibras	185
TABELA 19	Valores de vulnerabilidade para indicadores, critérios e índice final das bacias em estudo.	190
TABELA 20	Características dos efluentes da Etapa 2 - produção de SCV e de SCS	211
TABELA 21	Volume de água utilizado por atividade na produção de rosas	222
TABELA 22	Efluente da lavagem inicial dos substratos, Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas Carola	226
TABELA 23	Efluente da drenagem da irrigação, Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas Carola	226
TABELA 24	Resumo da comparação entre modelos	254
TABELA 25	Suporte dos modelos ambientais ao processo de inovação	259
TABELA 26	Objetivos propostos e resultados alcançados	263

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agência Nacional de Águas
APHA – Associação Americana de Saúde Pública
ASCE – Sociedade Americana de Engenheiros Civis
CE – Condutividade Elétrica
CEFET/CE – Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará
CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem
COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – CE
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FT – Fósforo Total
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – M – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura
IIED – Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável
IPCC – Painel Internacional de Mudança Climática
ISO – Organização Internacional de Normas Técnicas
LCCV – Líquido da Casca de Coco Verde
LIAMAR – Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MA – Ministério da Agricultura
NBR – Norma Brasileira de Referência
N-NH₄ – Amônia
N-NO₃ – Nitrato
NT – Nitrogênio Total
NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl
OECD – Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento

OG – Óleos e Graxas

OGM – Organismo Geneticamente Modificado

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

pH – Potencial hidrogeniônico

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SCS – Substrato de Coco Seco

SCV – Substrato de Coco Verde

SEMACE – Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

S-SO₄ – Sulfato

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará

SST – Sólidos Suspensos Totais

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SUPLAN – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

UNESCO – Organização das Nações Unidas Educação Ciência e Cultura

WBCSD – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 Justificativa	21
1.2 Objetivo do Trabalho	22
1.3 Organização do Trabalho	23
2 REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1 Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações	24
2.1.1 Inovações sustentáveis	24
2.1.2 Desenvolvimento sustentável	26
2.1.3 Sustentabilidade na agroindústria	29
2.2 Impactos Ambientais	32
2.2.1 Avaliação de impactos ambientais	32
2.2.2 Questões ambientais relacionadas à agroindústria	35
2.2.2.1 Perda da biodiversidade	36
2.2.2.2 Erosão	39
2.2.2.3 Compactação do solo	39
2.2.2.4 Salinização e Sodificação do solo	40
2.2.2.5 Contaminação ambiental por agrotóxicos	41
2.2.2.6 Contaminação ambiental por resíduos sólidos	43
2.2.2.7 Acidificação do solo	45
2.2.2.8 Desertificação	45
2.2.2.9 Escassez hídrica	46
2.2.2.10 Poluição das águas	48
2.2.2.11 Mudança Climática	49
2.2.2.12 Depleção de fontes não renováveis de matéria e energia	50
2.2.2.13 Contaminação de alimentos pelo uso de aditivos	51
2.3 Índices e Indicadores ambientais	55
2.3.1. Análise multicritério	55
2.3.2 Agregação dos indicadores	59
2.3.2.1 Normalização dos indicadores	60
2.3.2.2 Agregação de indicadores em um índice final	62
2.3.3 Análise de sensibilidade	63
2.3.4 Análise de propagação de erro	64
2.3.5 Exemplos de índices de avaliação ambiental	65
2.4 O Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agroindustrial – Ambitec-Agro	69
2.5 Conceitos que auxiliam na expansão do sistema Ambitec-Agro	74
2.5.1 Vulnerabilidade ambiental	74
2.5.1.1 Conceitos de vulnerabilidade	75
2.5.1.2 Sistema Ambiental	77
2.5.1.3 Indicadores de vulnerabilidade ambiental	80
2.5.2 Avaliação do Ciclo de Vida	80
2.5.2.1 Conceito de Ciclo de Vida	81
2.5.2.2 Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	82
2.5.2.3 Oportunidades e limitações da avaliação do ciclo de vida	90
3 MATERIAL E MÉTODOS	91
3.1 Ampliação do modelo conceitual Ambitec-Agro, inserindo os conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental	92

3.1.1	Definição dos novos objetivos e escopo do modelo	92
3.1.2	Definição do conceito de vulnerabilidade	93
3.1.3	Uso dos conceitos de função, unidade funcional e fluxo de referência na comparação de tecnologias	94
3.1.4	Organização e escolha de índices e indicadores	94
3.1.5	Definição de regras para o tratamento dos dados no modelo	96
3.1.6	Desenvolvimento de aplicativo para entrada e saída de dados do modelo	97
	3.2 Análise de sensibilidade do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	98
	3.3 Aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	98
3.3.1	Seleção da inovação e da tecnologia de comparação	99
3.3.2	Definição da função, unidade funcional e fluxo de referência	99
3.3.3	Seleção das unidades produtivas e de disposição final e identificação das bacias hidrográficas	100
3.3.4	Coleta de dados de desempenho ambiental nas unidades de produção e descarte	101
3.3.4.1	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC)	102
3.3.4.2	Fazenda Lagoa das Mercês	105
3.3.4.3	Cooperativa de Beneficiamento do Coco Verde do Jangurussu	106
3.3.4.4	Recिकासco	110
3.3.4.5	Cearosa	114
3.3.5	Coleta dos dados referentes à vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas	122
3.3.6	Análise de valores extremos na aplicação do modelo	124
	4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
	4.1 Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Agroindustriais, com base no conceito de ciclo de vida e na vulnerabilidade ambiental (Ambitec-Ciclo de Vida)	125
4.1.1	Etapas do ciclo de vida consideradas	126
	4.2 Detalhamento do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	131
4.2.1	Planejamento da avaliação	133
4.2.1.1	Definição da função, da unidade funcional, da tecnologia de comparação e do fluxo de referência	133
4.2.1.2	Escolha das unidades em cada etapa da avaliação	134
4.2.1.3	Identificação das bacias hidrográficas onde cada unidade se localiza	134
4.2.2	Análise da Vulnerabilidade Ambiental de bacias hidrográficas	134
4.2.2.1	Normalização dos indicadores de vulnerabilidade ambiental	136
4.2.2.2	Agregação dos indicadores em critérios de Vulnerabilidade Ambiental	155
4.2.2.3	Agregação dos critérios no Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia	155
4.2.3	Avaliação de Desempenho Ambiental de uma etapa do ciclo de vida de uma tecnologia	156
4.2.3.1	Ajuste dos valores dos indicadores de Desempenho Ambiental pela unidade funcional	170
4.2.3.2	Ponderação de indicadores pelo Índice de Vulnerabilidade Ambiental de uma bacia	171
4.2.3.3	Normalização dos indicadores de desempenho ambiental em uma etapa	172
4.2.3.4	Agregação dos indicadores de uma etapa em critérios de desempenho ambiental	173
4.2.3.5	Agregação de critérios de uma etapa em princípios de desempenho ambiental	174

4.2.3.6 Agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental de uma etapa	174
4.2.4 Avaliação final do desempenho ambiental de uma tecnologia	175
4.2.4.1 Agregação dos valores dos indicadores de cada etapa em indicadores finais	175
4.2.4.2 Normalização do indicador final de desempenho ambiental	176
4.2.4.3 Agregação dos indicadores finais normalizados em critérios de desempenho ambiental	176
4.2.4.4 Agregação dos critérios em princípios de desempenho ambiental	177
4.2.4.5 Agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental Final	177
4.3 Análise de sensibilidade do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	178
4.4 Como utilizar o modelo Ambitec-Ciclo de Vida	179
4.5 Aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida na avaliação do “Substrato da casca de coco verde (SCV)” na produção de rosas Carola	180
4.5.1 Descrição das tecnologias	180
4.5.2 Função, unidade funcional e fluxo de referência	183
4.5.3 Etapas do ciclo de vida analisadas	185
4.5.4 Bacias hidrográficas analisadas e seus Índices de Vulnerabilidade Ambiental	186
4.5.4.1 Indicadores de Exposição	191
4.5.4.2 Indicadores de Sensibilidade	192
4.5.4.3 Indicadores da Capacidade de Resposta	194
4.5.5 Dados gerais da avaliação de desempenho ambiental do SCV em comparação ao SCS	196
4.5.6 Desempenho ambiental da Etapa 1 – Matéria-prima	198
4.5.7 Desempenho ambiental da Etapa 2 – Produção	204
4.5.8 Desempenho ambiental da Etapa 3 – Uso	212
4.5.8.1 Etapa 3a – Uso do substrato na produção de mudas de Carola	212
4.5.8.2 Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas da variedade Carola	219
4.5.9 Desempenho ambiental da Etapa 4 – Descarte final dos substratos utilizados no cultivo de Carola	227
4.5.10 Desempenho Ambiental Final dos substratos na produção de rosas Carola	232
4.5.11 Análise de valores extremos na avaliação comparativa do SCV com o SCS	239
4.5.12 Pontos chave para melhoria do desempenho ambiental do SCV ao longo do seu ciclo de vida	241
4.6 Análise do modelo proposto em comparação a outros existentes	245
4.6.1 Consideração do conceito de ciclo de vida na avaliação de inovações agroindustriais	247
4.6.2 Consideração das características ambientais do meio receptor de pressões na análise de desempenho ambiental	248
4.6.3 Consideração de aspectos sociais, econômicos e ecológicos	250
4.6.4 Consideração de princípios ambientais relevantes para sustentabilidade da agroindústria	250
4.6.5 Consideração de ações, consumos e emissões com potencial de causar impactos relevantes no contexto agroindustrial	251
4.6.6 Análise de sensibilidade e de propagação do erro	252
4.6.7 Suporte dos modelos de avaliação ambiental a um processo sustentável de inovação	258
4.6.8 Benefícios e desafios da aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida	260
5 CONCLUSÕES	263
5.1 Atendimento aos objetivos propostos	263
5.2 Contribuição científica do trabalho	266

5.3 Sugestões para próximos trabalhos	267
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	268
APÊNDICE A – Questionário utilizado no levantamento dos dados	285
APÊNDICE B – Tabela com os valores de cada indicador utilizados na análise de sensibilidade do modelo	289
APÊNDICE C – Entrada e saída de dados na avaliação de desempenho ambiental	293
APÊNDICE D – Entrada e saída de dados na avaliação de vulnerabilidade ambiental de uma bacia hidrográfica	305
APÊNDICE E – Indicadores de vulnerabilidade da bacia Metropolitana - CE	309
APÊNDICE F – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Litoral	321
APÊNDICE G – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Parnaíba	330
APÊNDICE H – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Baixo Mundaú	341
APÊNDICE I – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 1 – Matéria-prima (descarte de cascas de coco)	358
APÊNDICE J – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 2 – Produção de substrato	368
APÊNDICE K – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 3a – Uso de substrato na produção de mudas de Carola	377
APÊNDICE L – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 3b – Uso de substrato na produção de rosas Carola	388
APÊNDICE M – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 4 – Descarte de substrato	399
APÊNDICE N – Quadros da Avaliação Final do Ciclo de Vida dos SCV e SCS	408
APÊNDICE O – Tabela com os valores médios, máximos e mínimos de cada indicador utilizados na análise de valores extremos	420

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Nos últimos vinte anos, a sociedade mundial vem discutindo o modelo sustentável de desenvolvimento como prerrogativa para que gerações atuais e futuras possam usufruir uma qualidade de vida condizente com as aspirações humanas de bem estar econômico, social e ecológico. Nas discussões sobre como alcançar um desenvolvimento que seja sustentável, existe um consenso sobre a importância do desenvolvimento científico e tecnológico nesse processo.

Segundo o Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável – WBCSD (2001), atingir a sustentabilidade requer o desenvolvimento de inovações que tornem a produção industrial eficiente no uso dos recursos naturais. Essa compreensão da necessidade de se desenvolver tecnologias comprometidas com a sustentabilidade é compartilhada pelas Organizações das Nações Unidas – ONU (1997), pela Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento – OECD (1998) e pelo Banco Mundial (2000).

Ao mesmo tempo em que a importância do desenvolvimento científico e tecnológico é reconhecida como vital ao desenvolvimento sustentável, poucas são as instituições que utilizam instrumentos de avaliação ambiental de inovações na etapa de seu desenvolvimento (SEILER-HAUSMANN, 2002; BERKEL, 2005), tornando o salto da teoria para a prática da sustentabilidade ainda mais complexo. Em pesquisa realizada junto a 382 médias e grandes empresas na Itália, Alemanha, Suécia e Suíça, Frankl e Rubik (2000) observaram que o processo de inovação tecnológica ocorre a partir de decisões da alta administração em conjunto com a área de marketing, raramente envolvendo os departamentos da área ambiental. Essa pesquisa também aponta que os fatores que impulsionam o desenvolvimento de novas tecnologias são o custo e a competição no mercado. As ferramentas metodológicas apontadas como as mais utilizadas para avaliação do desempenho ambiental de produtos são *checklists*, avaliações de conformidade com a legislação, análise de risco e de eficiência de energia, sendo ainda escasso o uso de ferramentas ou instrumentos que possibilitem uma análise ampla do desempenho ambiental de uma inovação.

Nesse contexto, destaca-se a iniciativa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA em avaliar o impacto ambiental de suas inovações

agroindustriais, com o desenvolvimento do Sistema Ambitec-Agro que possui indicadores ecológicos e socioeconômicos. O Ambitec vem sendo utilizado pelos Centros de Pesquisa da EMBRAPA em todo o país, desde 2001 (RODRIGUES, CAMPANHOLA E KITAMURA, 2003). Esse sistema caracteriza-se por ter como foco de avaliação a unidade produtiva onde a inovação é utilizada e considerar fatores de pressão e estado ambiental na caracterização dos impactos, não avaliando a vulnerabilidade às pressões ambientais da região onde uma dada inovação é utilizada.

Contudo, na última década, intensificou-se o debate sobre a importância de se avaliar o impacto de inovações ao longo de uma cadeia de produção, consumo e pós-consumo, ou seja, ao longo do ciclo de vida de produtos gerados ou modificados pela inovação. Já em 2002, em seu documento “O Meio Ambiente e o Compromisso Institucional da EMBRAPA”, pondera-se que:

“Um aspecto fundamental é que a implementação de normas ambientais induzirá a adoção de abordagens mais abrangentes, voltadas para a cadeia produtiva do agronegócio. Será insuficiente lançar mão de processos produtivos e tecnologias limpas, será necessário que os produtos e serviços finais apresentem qualidade ambiental ao longo de todo o seu ciclo de vida com as responsabilidades sendo compartilhadas com outros setores da cadeia de produção.” (EMBRAPA, 2002a, p. 12)

Ressalta-se também a importância de se considerar a vulnerabilidade de ambientes frente às pressões ambientais exercidas por inovações agroindustriais, uma vez que diferentes ambientes são afetados de forma diferenciada, dependendo do seu estado de conservação e disponibilidade de recursos naturais.

1.2 Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo propor um modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais que considere o conceito do ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental das regiões onde as inovações são inseridas: modelo Ambitec-Ciclo de Vida.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- ampliar o modelo conceitual do Sistema Ambitec-Agro (Avaliação do Impacto Ambiental da Inovação Agropecuária), para as atividades agrícolas e

agroindustriais, com a inserção dos conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental, definindo-se indicadores e regras para sua aplicação;

- realizar análise de sensibilidade do modelo;
- aplicar o modelo proposto na avaliação de uma inovação.

1.3 Organização do Trabalho

O trabalho de tese está estruturado em cinco capítulos. Nesse capítulo introdutório, são apresentados a justificativa, o objetivo e a organização da pesquisa.

O **Capítulo 2** traz a revisão das principais questões relevantes ao desenvolvimento do modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais, quais sejam: os conceitos de desempenho ambiental, inovação, sustentabilidade e ecoeficiência; as questões ambientais relacionadas à atividade agroindustrial e que devem ser consideradas em uma avaliação de desempenho ambiental; os passos da análise multicritério que possibilitam mensurar o desempenho ambiental; as diferentes abordagens ao tema vulnerabilidade ambiental, e a avaliação do ciclo de vida de produtos, que possibilita expandir o escopo de avaliação do desempenho ambiental de inovações.

O **Capítulo 3** se refere à metodologia utilizada para delineamento do modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais. Está organizado em três tópicos referentes a cada objetivo específico estabelecido.

No **Capítulo 4** são apresentados os resultados do trabalho de pesquisa, estando organizado em seis itens: apresentação do modelo conceitual utilizado para ampliação do sistema Ambitec-Agro; detalhamento do modelo, com a descrição dos indicadores ambientais utilizados, da sistemática de normalização e agregação dos dados; análise de sensibilidade do modelo aos indicadores de desempenho ambiental propostos; descrição da ferramenta utilizada para entrada e saída dos dados, desenvolvida em Excel; aplicação do modelo na avaliação do SCV, e; análise do modelo proposto em comparação a outros modelos de avaliação do impacto de inovações, considerando questões relevantes a uma avaliação de desempenho ambiental de inovações tecnológicas.

No **Capítulo 5** são apresentadas as conclusões do trabalho por objetivo estabelecido, mostrando a contribuição científica do mesmo, além de sugestões para ampliação do trabalho de pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo está organizado nos seguintes tópicos: avaliação do desempenho ambiental de inovações, impacto ambiental, índices e indicadores ambientais, vulnerabilidade ambiental e avaliação do ciclo de vida.

2.1 Avaliação do desempenho ambiental de inovações

De acordo com a Norma NBR ISO 14031, a avaliação de desempenho ambiental é um processo utilizado para facilitar as decisões gerenciais relativas aos resultados da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais ou elementos que podem estar interagindo e gerando impactos no meio ambiente. Essa avaliação é conduzida por meio do acompanhamento dos objetivos e metas estabelecidos pelo sistema de gestão ambiental de uma organização (ABNT, 1999). Um sistema de gestão é construído considerando-se uma visão de sustentabilidade, expressa na política ambiental de uma empresa, assim como as principais questões ambientais inerentes a uma determinada atividade econômica. A Norma NBR ISO 14001 estabelece procedimentos para organização, implantação e acompanhamento de sistemas de gestão ambiental, que podem ser certificados (ABNT, 1996).

No âmbito desse trabalho, a avaliação de desempenho ambiental é empregada para analisar inovações agroindustriais e não organizações, como é usualmente utilizada na literatura e como é, em geral, o escopo de normatização ISO. Para tanto, é importante compreender o que é inovação, o significado de inovação sustentável e qual visão de desenvolvimento pode guiar um processo sustentável de inovação agroindustrial.

2.1.1 Inovações sustentáveis

A OECD (1997) desenvolveu um amplo trabalho buscando definir o que é e quais são os tipos de inovação, resultando no Manual de Oslo, utilizado pela Financiadora de Estudo e Projetos (FINEP) na elaboração de projetos de cunho tecnológico no Brasil.

Segundo o Manual, distinguem-se quatro tipos de inovação: de produto, de processo, de marketing e organizacional.

Inovação de produto envolve bens ou serviços com uso ou função nova ou diferenciada no mercado, enquanto inovação de processo envolve novos métodos de produção ou distribuição de um novo ou existente produto. Uma inovação de marketing ocorre quando um novo método de marketing é aplicado na apresentação, embalagem, promoção ou distribuição de um produto. Já uma inovação organizacional está relacionada à adoção de um novo método organizacional por uma empresa, modificando o local de trabalho e/ou as relações externas com outras empresas. O modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais, objeto desse trabalho, é voltado para avaliação de inovações de produtos ou processos, não pertencendo ao seu escopo, inovações de marketing ou organizacionais.

De acordo com o Manual de Oslo (OECD, 1997), o processo de inovação pode ser descrito em quatro etapas, que abrangem: a **prospecção e percepção de uma demanda tecnológica**, por estudos de mercado e outras vias de comunicação de uma empresa com seu público-alvo; a **elaboração do projeto** tecnológico, onde estão descritos em linhas gerais os objetivos, mercado, metodologia que será utilizada e orçamento previsto para o desenvolvimento da tecnologia; **desenvolvimento da tecnologia**, que envolve sua produção e teste em escala piloto; **comercialização e distribuição**, onde ocorre a difusão da tecnologia através de atividades educacionais e de marketing e a sua adoção por empresas. Para cada uma dessas etapas, principalmente as três últimas diretamente focadas na elaboração, desenvolvimento e difusão de novos produtos e processos, há que se dispor de ferramentas metodológicas que tragam o tema “sustentabilidade ambiental” para cada etapa do processo de inovação.

Segundo Kemp, Arundel e Smith (2001 *apud* HORBACH, 2005), inovações tecnológicas sustentáveis são aquelas que contribuem para o desenvolvimento socioeconômico e para a conservação ambiental. Inovações sustentáveis evitam ou reduzem danos ambientais, ao mesmo tempo em que possuem maior utilidade para a sociedade que tecnologias anteriores.

Embora essa definição incorpore a necessidade de novas tecnologias buscarem a conservação ambiental, além de agregar valor socioeconômico, carece de um maior detalhamento de como se atingir esse grande objetivo em cada etapa do processo de inovação. Um primeiro passo no estudo da sustentabilidade de inovações agroindustriais é compreender o significado do termo “sustentabilidade ambiental” e seu reflexo na agroindústria.

2.1.2 Desenvolvimento sustentável

Até a segunda metade do século XX, a natureza era vista pela sociedade como mera fonte de recursos necessários à produção de bens de consumo demandados pela população. A pesquisa científica, por sua vez, estava focada no desenvolvimento de tecnologias que atendessem às necessidades de conforto e alimento de uma população crescente, em um mercado cada vez mais competitivo e de escala global. Na agricultura, um pacote tecnológico baseado na escolha de variedades vegetais geneticamente melhoradas, na mecanização e no uso intensivo de insumos, resultou na chamada Revolução Verde. Esse novo padrão tecnológico foi rapidamente disseminado no Brasil e no mundo, possibilitando, entre 1950 e 1984, um incremento de 40% na disponibilidade de alimentos por habitante (EHLERS, 1999). Entretanto, sinais de alerta, relacionados à intensificação da erosão em áreas agrícolas e à contaminação da natureza e do ser humano por substâncias introduzidas na produção agrícola, apontavam para um descompasso entre o ideal de produção resultante das novas tecnologias no campo e a capacidade do planeta em fornecer recursos e reciclar os subprodutos oriundos do desenvolvimento agroindustrial.

O relatório *Pilot Analysis of Global Ecosystems – PAGE, Agroecosystems* elaborado pelo Instituto Internacional de Pesquisas sobre Política Alimentar (IFPRI) e pelo Instituto de Recursos Mundiais – WRI, em 2000, ressaltou o risco de redução da produção mundial de alimentos promovido pela degradação ambiental resultante de práticas inadequadas de cultivo (WOOD; SEBASTIAN; SCHERR, 2000). Essa realidade requer mudanças no sistema de produção agroindustrial, uma vez que a crescente população mundial demanda uma oferta maior de alimentos.

Em resposta à preocupação mundial com os problemas ambientais, em 1987 a Comissão Brundtland, formada por representantes de vários países junto às Nações Unidas, elaborou o documento “Nosso Futuro Comum”. Esse documento foi responsável pela introdução de um novo conceito de desenvolvimento para as nações: o desenvolvimento sustentável. Segundo o referido relatório, a humanidade deve ser capaz de tornar o desenvolvimento sustentável – de garantir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras também atenderem às suas necessidades. Esse modelo propõe que medidas políticas, sociais, ecológicas e tecnológicas sejam adotadas, para que o desenvolvimento econômico coexista com a proteção dos ecossistemas naturais e com a

melhoria da condição humana, sendo durável e capaz de beneficiar os diferentes grupos sociais contemporâneos e futuros (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988).

Analisando esse modelo de desenvolvimento, Bell e Morse (2003) ponderaram que, como outros modelos, o desenvolvimento sustentável está centrado no atendimento das necessidades humanas, porém, diferente dos demais modelos, chama a atenção para a responsabilidade da sociedade atual para com as sociedades futuras. Bossel (1999) ressalta que sustentar ou manter níveis de desenvolvimento requer a consideração das características sociais e ecológicas de uma determinada região que restringem aspirações de consumo e desenvolvimento econômico. As características sociais se referem ao nível tecnológico disponível em um dado tempo e lugar, ao nível educacional da população, assim como aos valores éticos próprios de uma sociedade, enquanto as ecológicas se referem à disponibilidade limitada de recursos naturais e a capacidade de suporte dos ecossistemas de absorverem as emissões oriundas das atividades humanas.

Devido às aspirações humanas estarem no centro do modelo de desenvolvimento sustentável e essas aspirações possuírem restrições, Goodland e Daly (1996) apresentaram um modelo conceitual para avaliação da sustentabilidade de uma atividade, projeto, programa, política ou tecnologia, baseado na avaliação equitativa das dimensões ou aspectos sociais, econômicos e ecológicos. A Figura 1 mostra esse esquema, ressaltando o pensamento corrente quando se avalia separadamente cada aspecto e quando se integram essas diferentes dimensões.

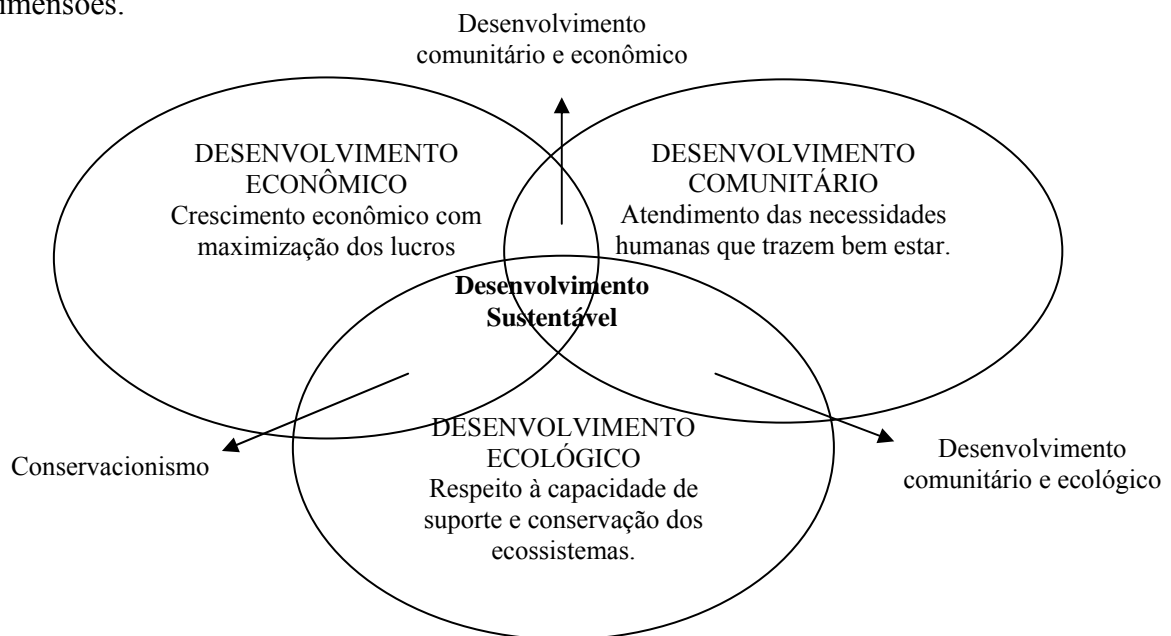


FIGURA 1 – Dimensões da sustentabilidade segundo Goodland e Daly (1996)
Fonte: Bell e Morse (2003), pg. 4

Um outro modelo conceitual de busca da sustentabilidade é fornecido por Chimbuya, Prescott-Allen e Lee-Smith (1997). Esse modelo utiliza a metáfora de um ovo (Figura 2), onde a sociedade humana é apresentada como ocupante da parte central, enquanto o ecossistema a envolve, permitindo sua existência, uma vez que disponibiliza os recursos naturais essenciais à vida. Nessa abordagem, as questões socioeconômicas possuem o mesmo peso ou importância que as questões ecológicas, estas não sendo avaliadas separadamente dos fatores econômicos e sociais. Compreende-se que o objetivo é alcançar o bem-estar humano e ambiental, de forma equitativa.

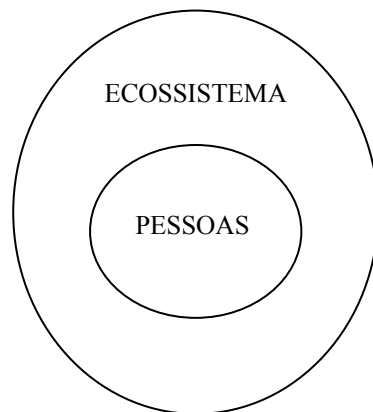


FIGURA 2 – Dimensões da sustentabilidade segundo Chimbuya, Prescott-Allen e Lee-Smith
Fonte: Chimbuya, Prescott-Allen e Lee-Smith (1997), pg. 12.

Outros modelos conceituais são utilizados, como o adotado pela comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, que se baseia em quatro dimensões: ecológica, econômica, social e institucional. Dessa forma, embora aceito mundialmente, o conceito de desenvolvimento sustentável mostrou-se de difícil execução, uma vez que muitos questionamentos permeiam as discussões sobre as dimensões da sustentabilidade e sua relevância para diferentes organizações sociais (ASCE, 1998; BELL; MORSE, 2003).

De acordo com Allenby *et al.* (1998), podem ser distinguidas diferentes ideologias que se refletem sobre uma maior valoração de uma ou mais dimensões da sustentabilidade: liberalismo (foco no acesso ao livre mercado), corporativismo (foco na maximização da lucratividade), igualdade (foco no bem-estar social, econômico e ecológico), desenvolvimento comunitário (foco na equidade social). O contexto socioeconômico de diferentes comunidades, setores e organizações leva a uma valoração diferenciada das questões sociais, econômicas e ecológicas, promovendo o estabelecimento de estratégias particulares na busca do desenvolvimento sustentável.

Outra questão que vale ressaltar é quais aspectos, dentro das dimensões adotadas, são considerados relevantes por diferentes grupos sociais, frente ao contexto ambiental no

qual estão inseridos (BELL; MORSE, 2003). Exemplificando, dentro da dimensão ecológica, diferentes comunidades sofrem de problemas ambientais distintos dependendo da região que ocupam, tendendo a valorizar determinadas questões ambientais em detrimento de outras, em uma avaliação de sustentabilidade.

Nesse sentido, para se avaliar a contribuição de uma inovação tecnológica ao desenvolvimento sustentável do agronegócio, é imprescindível esclarecer a visão de sustentabilidade, sendo essa visão fruto das características socioeconômicas e ambientais locais.

2.1.3 Sustentabilidade na Agroindústria

Segundo a FAO (1992 *apud* EHLERS, 1999), a agricultura sustentável está relacionada à adoção de métodos de manejo que conservam os recursos naturais, assegurando a satisfação das necessidades humanas para as gerações presente e futura.

Buscando ampliar a discussão sobre sustentabilidade na agricultura brasileira, o Ministério do Meio Ambiente, no documento “Agricultura Sustentável”, estabeleceu as bases para uma prática agrícola sustentável. Esse documento, que integra a Agenda 21 brasileira (MMA, 2000), relaciona a agricultura sustentável à adoção de um sistema produtivo que garanta:

- a manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e da produtividade agrícola;
- o mínimo de impactos adversos ao meio ambiente;
- retorno adequado aos produtores;
- otimização da produção com o mínimo de insumos externos;
- satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda;
- atendimento às demandas sociais das famílias e das comunidades rurais.” (MMA, 2000, pg.57).

Embora focado na produção agrícola, esse conceito pode ser expandido para a agroindústria, trazendo novos direcionamentos ao debate sobre a sustentabilidade de inovações agroindustriais, que devem buscar: a produção de alimentos em quantidade e qualidade satisfatórias; o atendimento às demandas sociais básicas de saúde, educação, emprego e renda; o compromisso com a eficiência no consumo de recursos, e a redução das emissões de poluentes. Em especial, as demandas de saúde dos trabalhadores da agroindústria devem ser entendidas não só como o acesso a serviços de saúde, mas principalmente como o

acesso a uma condição de trabalho salubre, onde os riscos de intoxicação, contaminação ou acidentes são reduzidos. Esse aspecto está também relacionado ao primeiro, ou seja, acesso a alimentos não só em quantidade, mas livres de contaminantes ou outras substâncias capazes de trazer dano à saúde.

Os direcionamentos de eficiência no uso de insumos e na redução dos impactos estão inseridos dentro de outros princípios ou objetivos que emergiram na década de 1990 e que se inter-relacionam, quais sejam: prevenção da poluição, produção mais limpa e ecoeficiência. O princípio da prevenção da poluição foi inicialmente utilizado pela Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) e busca incentivar as empresas a reduzir suas emissões, evitando o tratamento dos resíduos ao final do processo produtivo. A produção mais limpa, lançada pelo Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP) em 1989, é uma metodologia que quantifica o fluxo de matéria e energia em uma indústria, buscando otimizar o processo de produção e reduzir a quantidade de resíduos gerados. A ecoeficiência é um conceito difundido pela Comissão Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Commission for Sustainable Development – WBCSD*), que busca aumentar a produção com menos insumos (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006).

Em sintonia com esses princípios, um novo campo de estudo, a Ecologia Industrial, consolidou-se na última década. Esse campo de estudo tem como objetivo estudar os fluxos de matéria e energia na natureza, visando aprimorar o desenvolvimento de processos e produtos, tornando-os menos poluentes, mais eficientes no uso dos recursos naturais (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006), além de capazes de reciclar os resíduos gerados na produção. O escopo de estudo da Ecologia Industrial ultrapassa um processo produtivo, foco das ações de produção mais limpa e ecoeficiência, buscando soluções que reduzam os impactos ambientais em cadeias produtivas e/ou parques industriais. Trata do encadeamento de organizações, a formação de redes interligadas de aproveitamento, complementaridade e sinergia produtiva.

Os estudos que tomam como princípio a ecoeficiência e a Ecologia Industrial seguem estratégias muito próximas (Tabela 1). Essas estratégias vêm sendo amplamente perseguidas no desenvolvimento de ferramentas de medida do progresso em direção à sustentabilidade, com a escolha de indicadores que buscam aferir a sua consecução ao longo do tempo. O sistema de indicadores ambientais proposto pela OECD no modelo Pressão-Estado-Resposta e os índices de sustentabilidade Barômetro Ambiental Alemão, Índice de Poupança Genuína do Banco Mundial e a Pegada Ecológica são exemplos de ferramentas que

utilizam indicadores relacionados ao consumo de recursos naturais e/ou emissões de poluentes (OECD, 1993, 2002a, 2002b).

TABELA 1 – Estratégias propostas pela Ecoeficiência e Ecologia Industrial

Ecoeficiência	Ecologia Industrial
- Reduzir a intensidade de materiais em produtos e serviços;	- Usar o mínimo de materiais e evitar o uso de materiais escassos;
- Reduzir a intensidade energética em produtos e serviços;	- Reduzir o consumo de energia, maximizando o uso de fontes renováveis de energia;
- Reduzir dispersões tóxicas;	- Reduzir ou eliminar o uso de substâncias tóxicas;
- Desenvolver materiais recicláveis;	- Reduzir ou eliminar o armazenamento e as emissões de materiais perigosos;
- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis;	- Gerar fluxos de reciclagem dos resíduos sempre que possível;
- Aumentar a durabilidade de produtos;	- Reduzir ou eliminar materiais responsáveis pela degradação da camada de ozônio e pelas mudanças climáticas.
- Ampliar os serviços associados a produtos.	

Fonte: A partir de Giannetti e Almeida (2006) e Sonnemann, Castells e Schuhmacher (2004)

No âmbito da pesquisa agropecuária, no documento “O Meio Ambiente e o Compromisso Institucional da EMBRAPA”, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA ressalta a importância de se desenvolver tecnologias comprometidas com a prevenção da poluição, ampliando, entretanto, seu compromisso, quando avalia que “a prioridade ultrapassa a adoção de tecnologias limpas, introduzidas durante o processo produtivo e estende-se para tecnologias conservadoras ou regeneradoras do meio ambiente.” (EMBRAPA, 2002a, p.12). Nesse documento, assim como em seu Balanço Ambiental de 2002, a EMBRAPA apresenta o desenvolvimento de tecnologias comprometidas com: redução no consumo de insumos (água, energia, terra, fertilizantes, agrotóxicos, aditivos etc.); redução nas emissões de poluentes; uso de fontes renováveis de energia; conservação da diversidade biológica; conservação da estrutura, química e riqueza biológica dos solos; conservação da qualidade dos recursos hídricos; recuperação de ambientes degradados; otimização da produção, com conseqüente redução nas emissões e no consumo de recursos, e; produção de alimentos saudáveis (EMBRAPA, 2002a; 2002b). O sistema Ambitec-Agro de avaliação de inovações agroindustriais utiliza indicadores em sintonia com essas orientações (RODRIGUES; CAMPANHOLA; KITAMURA, 2003).

Além desses atributos, considerando os princípios de ecoeficiência e ecologia industrial analisados, é importante também inserir na avaliação de inovações agroindustriais indicadores que avaliem o uso de resíduos e recursos renováveis como fontes de matéria-prima, além de energia, e a redução da geração de resíduos perigosos. Assim, podem-se

resumir os seguintes princípios ambientais como balizadores no desenvolvimento de inovações agroindustriais:

- eficiência tecnológica, pela redução no consumo de insumos, em especial materiais perigosos, não renováveis e virgens e pelo desenvolvimento de produtos que produzem mais com menos;
- conservação do solo, água, ar e biota pela redução nas emissões de poluentes e manutenção da diversidade biológica;
- recuperação ambiental de áreas degradadas;
- desenvolvimento de alimentos saudáveis.

Faz-se necessário, entretanto, melhor compreender quais insumos e emissões são característicos da agroindústria e constituem fontes de impactos ambientais, devendo, portanto, ser o foco de ações de redução de consumo e de geração de poluentes. O primeiro passo nessa análise é compreender o que é impacto ambiental e quais as principais questões associadas à agroindústria.

2.2 Impactos ambientais

Segundo a Resolução CONAMA Nº. 1, de 17/02/86, impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

2.2.1 Avaliação de impactos ambientais

A realização da avaliação de impactos ambientais (AIA) é preconizada pela legislação brasileira para avaliação de projetos de desenvolvimento em diversas áreas. O EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto ao Meio Ambiente) é o instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei Federal Nº. 6.938, de 31/08/1981

(BRASIL, 1981) adotado para a AIA de projetos visando prover os tomadores de decisão com informações acerca dos possíveis impactos ambientais de determinado projeto, alternativas para sua realização e medidas mitigadoras dos impactos relacionados.

Embora tenha sido focada na avaliação de projetos de desenvolvimento, a AIA é uma ferramenta importante para a análise dos impactos inerentes às inovações tecnológicas, por auxiliar o pesquisador e as instituições de pesquisa na realização de análises antes da difusão e adoção da inovação tecnológica por determinados grupos sociais, possibilitando alterações no *design* de produtos e processos tecnológicos, de forma a torná-los mais eficientes na utilização dos recursos naturais, menos poluentes, economicamente rentáveis e mais apropriados às características sociais do ambiente onde a tecnologia será utilizada (RODRIGUES, 1998). A AIA também pode e deve ser utilizada em uma avaliação *ex-post*, com o objetivo de acessar as reais alterações ambientais advindas com a adoção da tecnologia, contribuindo com o processo de melhoria contínua das inovações tecnológicas.

Existem à disposição inúmeros métodos para AIA, devendo ser selecionados de acordo com o objetivo que se deseja atingir. Esses métodos foram revisados por Bisset (1983,1987), Canter (1996), Tomasi (1993), IAP-GTZ (1993), Mota (1997), Rodrigues (1998) e Rodrigues e Rodrigues (2007).

A Tabela 2 apresenta um resumo dos principais métodos disponíveis na literatura para AIA. É importante considerar que não há, dentre os métodos apresentados, aquele tido como adequado a todo e qualquer estudo de impacto ambiental (IAP-GTZ, 1993). Para cada objetivo, utiliza-se um dos métodos propostos ou uma combinação de métodos em formulações que atendam aos objetivos que se deseja atingir.

TABELA 2 – Principais métodos de AIA

Método	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Métodos <i>Ad Hoc</i>	Reunião de especialistas em diferentes assuntos com o objetivo de avaliarem os impactos de determinada atividade.	Possibilita a avaliação de situações onde há escassez de dados.	As análises não são sistematizadas e possuem alto grau de subjetividade.
Listagens de Controle (Simples, Descritivas, Escalares e Escalares ponderadas)	<p>Simples – Listas de fatores ambientais associados a etapas ou ações do Projeto;</p> <p>Descritivas – Oferecem orientação para a análise do impacto, além de indicar os fatores ambientais a serem observados;</p> <p>Escalares – Apresentam meios de atribuir valores numéricos para cada fator ambiental, permitindo uma análise comparativa entre as alternativas do projeto.</p> <p>Escalares ponderadas – Incorporam às listagens escalares o grau de importância de cada impacto, para a ponderação do valor da magnitude.</p>	Ajudam a lembrar todos os fatores ambientais e permitem uma avaliação sistemática ponderada entre projetos/ alternativas.	<p>Não analisam as interações entre os fatores ambientais nem as relações entre causa e efeito ambiental.</p> <p>Dependem do conhecimento adequado da importância de cada parâmetro para ponderação da magnitude.</p> <p>Em geral não consideram características espaciais dos impactos.</p>
Matrizes de interação	Listagens de controle bidimensionais, dispostas nas linhas os fatores ambientais e nas colunas as ações do Projeto.	<p>Boa visualização das relações de causa e efeito ambiental.</p> <p>Baixo Custo.</p> <p>Auxiliam na identificação de impactos.</p>	Não consideram as características espaciais dos impactos.
Redes de Interação	Fluxogramas representando cadeias de impactos gerados pelas ações do Projeto.	Permitem uma avaliação integrada dos impactos.	<p>Não auxiliam em uma análise multicritério de significância dos impactos.</p> <p>Não consideram as características espaciais dos impactos.</p>

TABELA 2 – Principais métodos de AIA (cont.)

Método	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Diagramas de sistemas	Consideram os fluxos de energia nas redes de interação características de um determinado sistema.	Podem-se avaliar os efeitos das ações que modificam os fluxos de energia em um sistema, permitindo considerar a significância dos impactos.	Análises extremamente complexas, sendo de difícil interpretação.
Superposição de cartas	Relacionam informações ambientais de forma georreferenciada em mapas que, ao serem sobrepostos, permitem a análise dos impactos ambientais de determinadas ações.	Facilitam a distribuição espacial dos impactos. Fácil visualização. Auxiliam na análise de vulnerabilidade ambiental de regiões para determinados impactos ambientais.	Exige aquisição de softwares e equipamentos de geoprocessamento, além de pessoal especializado, podendo elevar os custos da avaliação.
Modelos de simulação	Modelos matemáticos que procuram representar a dinâmica dos sistemas naturais.	Consideram a dinâmica dos sistemas ambientais, interação entre fatores e variações temporais. Tratamento organizado de grande número de variáveis ambientais.	Custo elevado. Representações imperfeitas da realidade.

Fonte: A partir de Canter (1996), Tomasi (1993), IAP-GTZ (1993) e Rodrigues (1998)

2.2.2 Questões ambientais relacionadas à agroindústria

Muitos trabalhos foram desenvolvidos nas últimas décadas sobre as questões ambientais associadas às atividades agroindustriais que são potenciais causadoras de danos aos seres vivos, especialmente ao homem. A Tabela 3 mostra as questões principais das atividades agropecuárias e suas causas ou fatores de pressão.

Algumas dessas questões são de escala global, como a mudança climática, o aumento das pressões sobre os recursos não renováveis e a contaminação de alimentos pelo uso de aditivos, não interferindo diretamente na vulnerabilidade de uma determinada região, mas na dinâmica global. As demais questões afetam a dinâmica ambiental regional. A seguir, essas questões serão analisadas, apontando-se as pressões ambientais, as características do meio que o tornam mais sensível à degradação, quando for o caso, e as ações capazes de reduzir os efeitos dos problemas relacionados a essas questões.

TABELA 3 – Questões ambientais relacionadas às atividades agroindustriais

Parâmetro	Causas	Questões ambientais	Referências
Fauna e Flora	- Desmatamento - Uso intensivo de agrotóxicos - Queimadas - Exploração de espécies sem manejo - introdução de espécies transgênicas	- Perda da biodiversidade - Contaminação ambiental por agrotóxicos	Ehlers (1999), BNB (1999), MMA (2000), OECD (2001), Rodrigues (1998; 2003), Figueirêdo <i>et al.</i> (2005), Pessoa, Carvalho e Pereira Jr. (2006).
Solo	- Mecanização agrícola - Exposição prolongada do solo às intempéries do clima - Uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes - Disposição inadequada de resíduos sólidos - Irrigação inadequada (água salobra e excesso de água)	- Compactação - Erosão - Contaminação do solo por resíduos sólidos; - Contaminação ambiental por agrotóxicos - Acidificação - Salinização e sodificação	Carson (1968), Ehlers (1999), BNB (1999), MMA (2000), OECD (2001), Rodrigues (1998; 2003), Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).
Água	- Consumo de água - Lançamento de efluentes; - Lançamento de resíduos sólidos em corpos d'água - Uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes	- Escassez hídrica - Poluição da água (nutrientes, metais, resíduos de agrotóxicos)	Ehlers (1999), BNB (1999), MMA (2000), OECD (2001), Rodrigues (1998; 2003), Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).
Ar	- Emissão de poluentes (CO, CO ₂ , CH ₄ , NO _x)	- Mudança Climática	BNB (1999), MMA (2000), OECD (2001), Rodrigues (1998; 2003), Figueirêdo <i>et al.</i> (2005).
Uso de recursos naturais não renováveis	- Consumo de combustíveis fósseis e outras fontes escassas de matéria e energia	- Depleção de fontes não renováveis de matéria e energia	Ehlers (1999), OECD (2001), Rodrigues (1998; 2003).
Alimento	- Uso intensivo de agrotóxicos - Uso de aditivos não nutricionais no processamento de produtos agroindustriais	- Contaminação ambiental por agrotóxicos (contaminação indireta de alimentos) - Contaminação direta de alimentos pelo uso de aditivos	Carson (1968), BNB (1999), MMA (2000), Midio e Martins (2000), Rodrigues (1998; 2003), Pessoa, Carvalho e Pereira Jr. (2006) .

2.2.2.1 Perda da biodiversidade

De acordo com o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO (MMA, 2002a), o termo biodiversidade, ou diversidade biológica, significa “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens compreendendo a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”. A diversidade biológica é

a base do desenvolvimento econômico, cultural e social em todo o planeta, fornecendo os recursos necessários à sobrevivência humana e ao progresso científico.

O principal fator de perda da biodiversidade mundial é o desmatamento de áreas florestadas para expansão da fronteira agrícola, formação e expansão das cidades, extração de madeira e mineração. Somam-se a esses fatores o uso indiscriminado de agrotóxicos e a erosão dos solos agrícolas, que reduzem a capacidade produtiva dos solos, degenerando-os e contribuindo para a ocupação de novas áreas pelas atividades agropecuárias (SANTOS; CÂMARA, 2002). O desmatamento acarreta a perda ou a fragmentação de habitats, o que acelera o declínio do número de espécies, podendo levá-las à extinção. Assim, regiões com menores índices de cobertura vegetal e maior fragmentação da cobertura vegetal são ainda mais pressionadas por ações de desmatamento.

Outra causa de perda da biodiversidade é a introdução de espécies transgênicas no ambiente, que podem acarretar, pelo fluxo gênico intra e interespecies, a extinção de variedades caboclas ou o surgimento de novas espécies com maior tolerância a agrotóxicos, como superpragas e superervas-daninhas. Combinações gênicas são comuns na natureza, sendo sua ocorrência auxiliada pelo vento, insetos e outros animais e dependente de muitos fatores como mecanismo de polinização, dispersão das sementes e ambiente de liberação, variando com o tipo de cultura e as condições climáticas da área de cultivo (PESSOA; CARVALHO; PEREIRA JR., 2006).

De acordo com a Resolução Normativa Nº 02, de 27 de novembro de 2006, da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, os organismos geneticamente modificados devem ser classificados de acordo com o seu risco, adotando-se como critérios o potencial patogênico dos organismos doador e receptor, a(s) seqüência(s) nucleotídica(s) transferida(s), a expressão desta(s) no organismo receptor, o organismo geneticamente modificado resultante e seus efeitos adversos à saúde humana e animal, aos vegetais e ao meio ambiente. São quatro as classes de risco estabelecidas pela CTNBio: 1 – baixo risco individual e baixo risco para a coletividade, 2 - moderado risco individual e baixo risco para a coletividade, 3 - alto risco individual e risco moderado para a coletividade, e 4 - alto risco individual e alto risco para a coletividade.

A sensibilidade de regiões à perda de biodiversidade pode ser associada à existência de espécies endêmicas ou em vias de extinção nessas regiões, pois essas áreas, quando desmatadas, podem levar essas espécies à extinção (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). A aridez do clima também agrava os efeitos do desmatamento em uma região, dificultando o desenvolvimento da cobertura vegetal e tornando regiões susceptíveis à

desertificação. A diversidade da cobertura florestal em uma área reflete a variedade de solos, precipitação e temperatura. Em cada composição florestal são potencialmente encontradas espécies típicas que não se encontram nas demais formações.

Outro aspecto que torna uma área mais sensível ao desmatamento é a sua propensão à erosão, que é maior quanto maior a declividade do terreno, a erodibilidade do solo e a erosividade da chuva. A erosão dificulta a recomposição da vegetação natural, pelo carreamento do solo e, com ele, dos nutrientes e sementes.

A Convenção sobre a Diversidade Biológica - CDB, principal tratado existente sobre o tema, recomenda a identificação, o monitoramento e a proteção de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. No Brasil, foram identificadas 900 áreas prioritárias, sendo 43% localizadas na Amazônia Brasileira, 9% na Caatinga, 20% na Mata Atlântica e nos Campos Sulinos, quase 10% no Cerrado e no Pantanal e 18% na Zona Costeira e Marítima (MMA, 2002b).

A manutenção da vegetação em reservas florestais (reserva legal) pertencentes às áreas agrícolas, estabelecida pela Lei No. 4771, de 15/09/1965 (Código Florestal), alterada pela Medida Provisória N° 2.166-67, de 24/08/2001, e em áreas de preservação permanente, estabelecidas pelas Resoluções CONAMA N° 302, de 20/03/2002 (Áreas de preservação permanente de reservatórios artificiais) e N° 303, de 20/03/2002 (Áreas de Preservação Permanente) contribui para manutenção da biodiversidade. As áreas de preservação permanente compreendem matas ciliares, áreas de nascentes, restingas, dunas, manguezais, topo de morros e montanhas, escarpas, encostas, bordas de tabuleiros e chapadas, áreas de refúgio ou reprodução de aves migratórias e de exemplares da fauna ameaçada de extinção. Sua destruição contribui ainda para a ocorrência de inundações, assoreamento de rios e desabamentos, dentre outros problemas ambientais.

Com relação à introdução de espécies transgênicas, deve-se seguir os padrões de biossegurança estabelecidos pela Resolução Normativa N° 02, de 27 de novembro de 2006, da Comissão Nacional Técnica de Biossegurança – CTNBio, para redução do risco de perda da biodiversidade.

2.2.2.2 Erosão

Entende-se por erosão o processo de deslocamento de partículas do solo pela ação da água ou do vento. A erosão provoca a perda da camada fértil do solo, reduzindo a produtividade agrícola, aumentando o transporte de nutrientes e resíduos de agrotóxicos juntos com as partículas do solo para corpos d'água e acarretando o assoreamento de corpos d'água (ANJOS; VAN RAIJ, 2004).

A principal causa da erosão é a perda da vegetação natural pelo desmatamento, que, ao ser retirada, expõe o solo às intempéries do clima (ANJOS; VAN RAIJ, 2004; PRIMAVESI, 1984). Características do solo, do clima e do relevo podem contribuir para esse processo. Determinadas classes de solo são mais susceptíveis à erosão, ou mais erodíveis, podendo essa determinação ser feita a partir do conhecimento da textura do solo (SILVA, 2000 e 2001). Solos com textura fina são mais erodíveis. As chuvas intensas, ao atingirem o solo, desagregam as partículas de solo e as deslocam, pelo escoamento superficial, contribuindo para a erosão (CREPANI; MEDEIROS; PALMEIRA, 2004). Áreas de maior declividade possibilitam uma maior velocidade ao escoamento superficial das águas e, conseqüentemente, o arraste de partículas do solo (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003).

A contenção ou inibição do processo erosivo em áreas agrícolas se dá pela redução das áreas e do tempo em que o solo fica exposto, contribuindo ainda o uso de técnicas de conservação do solo como plantio direto, terraceamento, cobertura morta, dentre outras (PRIMAVESI, 1984).

2.2.2.3 Compactação do solo

A compactação caracteriza-se pela agregação das partículas do solo, com a redução do espaço por elas ocupado. Acarreta a redução da infiltração de água e da penetração das raízes no solo, o aumento da susceptibilidade do solo à erosão, culminando com uma menor produtividade agrícola (RICHART *et al.*, 2005).

Contribuem para a compactação do solo, a mecanização e as operações de preparo do solo agrícola. Segundo Richart *et al.* (2005), a mecanização é a principal causa da compactação, pois esmaga os grumos do solo que não se refazem com o posterior

afrouxamento. As operações de preparo do solo para o plantio podem acarretar a compactação quando a aração e a gradagem são realizadas sempre a uma mesma profundidade e em solo úmido (PRIMAVESI, 1984).

A textura do solo e o teor de matéria orgânica são fatores naturais importantes no processo de compactação. De acordo com Richart *et al.* (2005) e Imhoff (2002), quanto mais fina a textura e menor o teor de matéria orgânica, maior a profundidade à qual a pressão é transmitida e maior a espessura da camada compactada. Entretanto, o efeito da matéria orgânica na redução da compressão do solo está relacionada ao teor de umidade do solo no momento da compressão.

Para reduzir a compactação dos solos, deve-se restringir as áreas de circulação de máquinas, evitar o preparo do solo úmido, agregar matéria orgânica ao solo e realizar a rotação de culturas com plantas cujas raízes são capazes de penetrar as camadas compactadas (SEIXAS, 1988).

2.2.2.4 Salinização e Sodificação do solo

De acordo com Gheyi (2000), a salinidade de solos deve-se ao acúmulo de sais solúveis ou sódio trocável no solo. Os sais freqüentemente acumulados no solo são os cloretos e os sulfatos de sódio, cálcio e magnésio.

Quando o sódio acumula-se e predomina no solo, o cálcio e o magnésio são substituídos pelo sódio, dando origem a sodificação do solo. Solos sódicos causam a dispersão da argila, dificultando a drenagem e formando uma camada impermeável.

Solos salinos, salinizados e sódicos reduzem a disponibilidade de água, são tóxicos e causam desequilíbrio nutricional para as plantas, reduzem a produtividade agrícola e contribuem para processos erosivos.

O processo de salinização está associado a fatores naturais de formação do solo e ao seu uso. Nas regiões áridas e semi-áridas, onde ocorre déficit hídrico na maior parte do ano, a elevada evaporação acarreta a concentração de sais no solo, principalmente nas regiões de baixa declividade, como nas planícies aluviais, onde ocorre a acumulação de sais no perfil do solo. Solos rasos ou que apresentam camadas impermeáveis no perfil, dificultando a drenagem dos sais, também são susceptíveis à salinização (GHEYI, QUEIROZ e MEDEIROS, 1997).

Os solos afetados por sais ocorrem em toda a costa brasileira, à exceção dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, influenciados pelas águas das marés, onde ocorrem solos indiscriminados de mangues, Neossolos Quartzarênicos Órticos Típicos, Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos Distróficos e Neossolos Flúvicos salinos. No continente, esses solos ocorrem na região semi-árida do Polígono das Secas, abrangendo as classes de solo Planossolos Nátricos e Hápticos (GHEYI, QUEIROZ e MEDEIROS, 1997).

A salinização do solo está também associada à prática da agricultura irrigada quando realizada com água de elevado teor de sais, em locais onde o lençol freático está próximo à superfície e com técnicas inadequadas. O risco de salinidade e sodicidade da água de irrigação é avaliado pelo conhecimento da sua condutividade elétrica (CE) e da razão de adsorção de sódio (RAS), conforme Ayers e Westcot (1991). De acordo com Gheyi, Queiroz e Medeiros (1997), a salinização é um problema comum aos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro, ocorrendo em mais de 25.000 ha.

Os processos de salinização e o de sodificação do solo podem ser controlados pelo uso de sistemas de irrigação e aplicação de lâminas calculadas considerando-se as características climáticas, a drenagem do terreno e a fenologia da cultura, requerendo conhecimento das condições ambientais locais pelo irrigante e acesso à assistência técnica especializada (GHEYI, QUEIROZ e MEDEIROS, 1997).

2.2.2.5 Contaminação ambiental por agrotóxicos

Agrotóxicos são substâncias sintéticas utilizadas na produção de alimentos, no campo e na agroindústria, com a finalidade de alterar a composição da flora e da fauna e preservar um produto agropecuário da ação de seres vivos considerados nocivos (ANDREI, 1999). O uso de agrotóxicos acarreta a contaminação do solo, da água, do ar, dos alimentos e dos seres vivos (MOTA, 1997; RODRIGUES, 2003). Em estudo realizado com tomate estaqueado, Chaim *et al.* (1999) observaram perdas para o ambiente entre 59 a 76% dos agrotóxicos aplicados.

Os resíduos de agrotóxicos, ao atingirem o solo ou a planta, podem ser carreados para corpos hídricos pela erosão hídrica e escoamento superficial ou lixiviados para reservas subterrâneas. Além de atuar sobre espécies nocivas às culturas, os agroquímicos eliminam também insetos úteis, como as abelhas e outros animais que controlam as infestações de

pragas e doenças, causando um verdadeiro desequilíbrio ecológico no meio ambiente. Os agrotóxicos vêm se incorporando à cadeia alimentar, com sérios riscos à saúde humana e ao equilíbrio de ecossistemas. Já os compostos organoclorados, como DDT, BHC, ALDRIN, Dieldrin, Heptacloro dentre outros, persistem no tecido adiposo dos animais. Embora banidos pela legislação brasileira na década de 80, ainda são encontrados no ambiente, conforme Rodrigues (2003) que revisou os estudos sobre o tema realizados nas décadas de 1970, 1980 e 1990. Resíduos de DDT nos tecidos adiposos humanos foram encontrados nos Estados Unidos, Israel e Índia. Os compostos organofosforados são mais tóxicos, embora menos persistentes no ambiente (EHLERS, 1999). A Organização Mundial da Saúde - OMS estimou que em 1990 ocorreram no mundo cerca de três milhões de intoxicações agudas por agrotóxicos, com 220 mil mortes. Dessas, cerca de 70% ocorrem em países do chamado Terceiro Mundo.

Além da intoxicação de trabalhadores que têm contato direto ou indireto com esses produtos, a contaminação indireta de alimentos por agrotóxicos tem levado a grande número de intoxicações e mortes (OPAS, 1997). Resíduos de agrotóxicos presentes em alimentos de origem vegetal são devido às aplicações realizadas diretamente sobre a planta ou, no caso das raízes e tubérculos, devido a absorção do solo. Resíduos de agrotóxicos em frutas, legumes e hortaliças, além dos limites permitidos pela legislação, foram encontradas em análises realizadas em São Paulo, entre 1994 e 1998, pelo Instituto Biológico (MIDIO; MARTINS, 2000).

De acordo com o Decreto N° 98.816, de 11 de janeiro de 1990, os agrotóxicos devem ser classificados quanto à toxidez, pertencendo a uma das seguintes classes: extremamente tóxico (classe I), altamente tóxico (classe II), mediamente tóxico (classe III) e pouco tóxico (classe IV). Essa classificação é definida em função de sua utilização, modo de ação e potencial ecotoxicológico (ANDREI, 1999).

Analisando o comportamento do agrotóxico no ambiente, Pessoa *et al.* (2004) avaliam que o mesmo é orientado pelos processos de retenção, transformação e transporte. Os processos de retenção ou adsorção são resultantes da interação entre o princípio ativo e as partículas do solo, podendo retardar ou acelerar o movimento do produto em diferentes profundidades do solo. Influenciam na adsorção o teor de matéria orgânica, a textura e a umidade do solo. Quanto maior o teor de matéria orgânica e de argila e quanto menor a umidade, maior a adsorção. Também a solubilidade da molécula influencia no processo de adsorção. Moléculas mais solúveis tendem a ser facilmente transportadas pela água, por

escoamento, lixiviação ou evaporação. Em ambiente com maior precipitação ou irrigado, a tendência é que as moléculas sejam transportadas para os corpos hídricos.

Os processos de transformação podem ser de natureza química (catálise, fotoquímica) ou biológica (microorganismos). A ação de microorganismos resulta na degradação da molécula original, tendendo a diminuir a sua toxicidade, embora o processo também possa gerar moléculas mais tóxicas que a original. Em solos com maior teor de matéria orgânica, maiores as chances de degradação dos agrotóxicos. Os principais processos que favorecem o transporte de agrotóxicos são volatilização, lixiviação, escoamento superficial e evaporação. Solos com maior potencial de erosão e compactação facilitam o transporte de agrotóxicos para os corpos hídricos superficiais.

O uso de técnicas de controle biológico de pragas e doenças, assim como o acesso à assistência técnica na produção agrícola, e a certificação ambiental no campo, como a proporcionada pela Produção Integrada de Frutas e pela Produção Orgânica, racionalizam o uso de agrotóxicos em propriedades agrícolas.

2.2.2.6 Contaminação ambiental por resíduos sólidos

De acordo com a Norma Brasileira de Referência - NBR 10004 (ABNT, 2004c), resíduos sólidos constituem resíduos nos estados sólido e semi-sólido, resultantes de atividade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- perigosos (classe I): são aqueles que apresentam riscos à saúde pública, provocando ou acentuando a mortalidade ou incidência de doenças, ou riscos ao meio ambiente, quando são manuseados ou destinados de forma inadequada. Esses resíduos apresentam um ou mais dos seguintes atributos: patogenicidade (ex. resíduos dos serviços de saúde e veterinários), inflamabilidade, corrosividade, reatividade ou toxicidade (ex. embalagens e resíduos de agrotóxicos);
- não-perigosos (classe II): subdivididos em não-inertes (Classe IIa), quando possuem características de solubilidade em água, biodegradabilidade ou combustibilidade (ex: lixo domiciliar, restos de frutas ou matéria orgânica não contaminada por microorganismos patogênicos), e inertes (classe IIb), quando

possuem solubilidade muito baixa em água (ex: rochas, tijolos, vidros, plásticos e borrachas).

O destino incorreto de resíduos sólidos é uma fonte de contaminação do solo, proliferação de insetos e roedores, odores, poluição hídrica (quando os detritos são carreados pelo escoamento superficial ou lixiviados para as reservas subterrâneas) e atmosférica (a matéria orgânica em degradação libera gases), acarretando sérios riscos à saúde humana e a outras espécies. Em especial, os resíduos perigosos biomédicos e químicos, quando dispostos inadequadamente, acentuam esses problemas ambientais (BRAGA *et al.*, 2002).

O local e a forma de disposição dos resíduos sólidos são de especial interesse, pois podem contribuir para o aumento da contaminação do solo, água, ar e seres humanos. Locais onde predominam solos arenosos, declividade acentuada (maior que 30%), lençol freático raso (menor que 2 m) ou cursos d'água próximos (a menos de 200 m) potencializam o transporte de poluentes para os corpos hídricos. Locais próximos a áreas urbanas (menos de 100 m) ampliam os problemas advindos com os odores e a proliferação de insetos e roedores (CASTILHOS JUNIOR, 2003). A disposição de resíduos em lixões municipais que recebem todas as classes de lixo, prática comum no Brasil, agrava os problemas de poluição em regiões desprovidas de centrais de coleta de resíduos de agrotóxicos, aterros sanitários e industriais, como é o caso do estado do Ceará.

Outro aspecto a considerar é que em regiões onde se concentram áreas de agricultura intensiva, indústrias do setor químico e metalúrgico e grandes centros urbanos, a quantidade de resíduos perigosos gerados é maior. Isso ocorre devido à agricultura intensiva fazer maior uso de agroquímicos na produção de alimentos, às indústrias dos setores químico e metalúrgico serem geradoras potenciais de resíduos tóxicos perigosos e aos centros urbanos sediarem unidades de saúde geradoras de resíduos patogênicos perigosos. Assim, essas áreas são potencialmente mais contaminadas.

A problemática dos resíduos sólidos pode ser administrada pela adoção de ações de reciclagem de resíduos e sua correta destinação. A reciclagem reduz o volume de resíduos dispostos, o uso de matérias-primas e o consumo de energia para produção de novos produtos (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000). De acordo com Braga *et al.* (2002), as alternativas tecnicamente adequadas para disposição do lixo são o aterro sanitário, a compostagem da fração orgânica não contaminada e a incineração controlada.

2.2.2.7 Acidificação do solo

De acordo com Anjos e Van Raij (2004), a acidificação do solo consiste na remoção dos cátions Ca^{2+} (cálcio), Mg^{2+} (magnésio), K^+ (potássio) e Na^+ (sódio) do complexo de troca catiônica (CTC) do solo, com a substituição por Al^{3+} (alumínio trocável) ou H^+ (hidrogênio). Solos ácidos possuem baixa saturação por bases, ou seja, saturação menor que 50%. A acidez reduz a fertilidade do solo e torna-o mais susceptível à erosão.

A remoção de cátions se dá principalmente pela lixiviação, embora também ocorram perdas devido à extração pelas plantas e erosão do solo. A adição de ácido ao solo se deve principalmente a dois fatores: fertilização de áreas agrícolas com amônia, que introduz íons hidrogênio quando da nitrificação do amônio, e chuva ácida, que acrescenta ao solo ácidos nítrico e sulfúrico (ANJOS; VAN RAIJ, 2004; PRIMAVERSI, 1984).

Alguns tipos de solo, como os latossolos, são naturalmente ácidos, devido a materiais de origem ou a processos de formação. As regiões do Cerrado e da Amazônia se caracterizam pela grande ocorrência de solos ácidos.

A acidificação dos solos pode ser combatida pelo uso da calagem e pela redução do uso da adubação inorgânica, com a adoção de técnicas agrosilvopastoris, consorciamento, plantio direto, dentre outras, que aumentam o teor natural de matéria orgânica no solo (PRIMAVERSI, 1984).

2.2.2.8 Desertificação

De acordo com a UNESCO (1997), compreende-se por desertificação a degradação da terra nas regiões áridas e semi-áridas, oriunda de diversos fatores, podendo-se ressaltar as mudanças climáticas e as atividades humanas. As mudanças climáticas, aceleradas pelos gases de efeito estufa, acarretam a elevação da temperatura, maior evapotranspiração, com possível maior frequência e extensão de episódios de seca, que, por sua vez, contribuem para o aumento do processo de desertificação em regiões áridas e semi-áridas. As comunidades bióticas nessas regiões são adaptadas à escassez hídrica. Entretanto, a pressão populacional por recursos naturais e alimentos acarreta a retirada da vegetação natural, contribuindo para a ocorrência de processos de degradação do solo e redução da

biodiversidade. Essa degradação reduz a produtividade biológica ou econômica de áreas agrícolas em regiões já caracterizadas por índices elevados de pobreza, levando a população local a migrar para centros urbanos, ampliando os desequilíbrios regionais.

No Brasil, os núcleos de desertificação considerados críticos pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA são: Gilbués, no estado do Piauí; Irauçuba, Ceará; Seridó, fronteira entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte; e Cabrobó, Pernambuco, totalizando uma área de 18.743,5 Km² (IICA, 2006) .

Conforme a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, as áreas susceptíveis à desertificação são aquelas de clima árido ($0,03 < P/ETp < 0,20$), com susceptibilidade muito alta, semi-árido ($0,20 < P/ETp < 0,50$), com susceptibilidade alta, e sub-úmido seco ($0,50 < P/ETp < 0,65$), com susceptibilidade moderada, definidas a partir do Índice de Aridez (razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial), onde P representa a precipitação média anual e ETp, a evapotranspiração potencial média anual (IICA, 2006).

O problema da desertificação agrava-se em áreas onde a população vive abaixo da linha da pobreza e onde a vegetação encontra-se reduzida e o solo degradado (ACCIOLY; OLIVEIRA, 2004).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO, para prevenir e minimizar os efeitos da desertificação, deve-se implementar programas para redução dos problemas sociais relacionados à pobreza, para conservação do solo (agrosilvicultura, policultivo, agricultura orgânica) e da vegetação, em áreas onde ainda se encontram recursos florestais, e para recuperação de áreas degradadas, incluindo-se ações de reflorestamento e dessalinização de solos (UNESCO, 1997).

2.2.2.9 Escassez hídrica

Entende-se por escassez hídrica a ocorrência de eventos sistemáticos de falta de água em uma região, mesmo para o abastecimento humano. De acordo com Tundisi (2003), cerca de 1/3 da população mundial vive em regiões onde a falta de água é constante. No Brasil, destaca-se a região do Polígono das Secas, caracterizada pela ocorrência de secas prolongadas, onde a precipitação anual é em média de 800mm e o escoamento específico reduzido em torno de $4 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$.

A demanda crescente por água e o desperdício na sua distribuição e consumo são os fatores principais de pressão sobre os recursos hídricos em uma região. De acordo com Vieira (2000), a demanda hídrica é obtida pela consideração do volume requisitado pelas atividades usuárias das águas de uma bacia (abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, indústria etc.). A maior demanda se dá pelo crescimento populacional, que acarreta o aumento das necessidades hídricas para o consumo humano, agropecuário, industrial, dentre outros. A agricultura é a principal usuária de recursos hídricos no mundo, demandando entre 70 a 80% do total de água (REBOUÇAS, 2002b).

A cobertura vegetal, os solos, o relevo, a intensidade das chuvas e as rochas determinam a recarga de reservas hídricas naturais subterrâneas. A vegetação facilita a infiltração da água no solo pelo sistema radicular, favorece o mais lento escoamento sub-superficial em direção aos corpos d'água, reduzindo o tempo de intermitência dos rios. De acordo com Rebouças (2002b), as taxas de recarga dos aquíferos são maiores nas regiões planas bem arborizadas e menores em regiões de relevo acidentado e menos arborizadas, agravando-se em áreas de solo compactado ou sódico. A intensidade das chuvas também interfere na infiltração, uma vez que chuvas intensas escorrem mais do que infiltram. Rebouças (2002b) destaca ainda que os domínios hidrogeológicos mais promissores para o armazenamento de águas subterrâneas são os das bacias sedimentares, enquanto as rochas cristalinas da região semi-árida brasileira possuem um baixo potencial de armazenamento, além de usualmente apresentarem altos teores de sais.

O clima é um fator natural importante na ocorrência da escassez hídrica. A escassez hídrica será tanto maior em uma região de baixa precipitação quanto menor for a disponibilidade efetiva de água. Essa disponibilidade se refere à parcela do escoamento médio anual de água em uma bacia, ativada pela ação do homem, por meio de barragens e poços (VIEIRA, 2000). As disponibilidades hídricas superficiais em regiões de rios intermitentes é avaliada pelo volume represado e possível de ser retirado por meio de regularização, enquanto em regiões de rios perenes, é avaliada pela medida da vazão mínima. As regiões com maior disponibilidade hídrica são aquelas onde a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração é positiva e onde foram realizados investimentos visando o armazenamento da água e sua disponibilização à população.

Os problemas socioambientais associados à escassez de água podem ser reduzidos com o planejamento ambiental orientado para o aumento de investimentos na construção de reservatórios de água doce (cisternas, açudes, barragens subterrâneas), de acesso às reservas hídricas subterrâneas (poços), uso de técnicas eficientes de irrigação, além de educação da

população e investimentos em infra-estrutura para redução do desperdício (VIEIRA, 2000; REBOUÇAS, 2002a).

2.2.2.10 Poluição das águas

Essa poluição ocorre pelo lançamento de efluentes de agroindústrias, ricos em matéria orgânica e nutrientes, e pelo transporte difuso de compostos orgânicos e inorgânicos das áreas agrícolas que utilizam agroquímicos, através de processos erosivos. O uso contínuo e intenso de fertilizantes e agrotóxicos leva ao acúmulo de metais pesados nos solos, principalmente Mn, Cu, Pb e Co, que com o processo erosivo, são transportados para os cursos d'água, contaminando-o (RAMALHO; SOBRINHO; VELLOSO, 2000). O excesso de matéria orgânica em um corpo d'água provoca o aumento da turbidez e a elevação do consumo de oxigênio pelos organismos decompositores, levando à depleção do oxigênio e possível morte da fauna aquática (VON SPERLING, 1995).

O nitrato do solo é facilmente lixiviado, podendo contaminar aquíferos, acarretando risco de ocorrência de metemoglobinemia na população infantil. O excesso de nutrientes em cursos d'água lânticos, provenientes da decomposição da matéria orgânica e transporte de fertilizantes pela erosão, pode levar ao processo de eutrofização (MOTA, 1997).

A eutrofização das águas significa seu enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, com conseqüente desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água. Ocorre mais freqüentemente em corpos lânticos do que lóticos, onde a menor turbidez e velocidade da água facilitam o crescimento das algas e outras plantas aquáticas (VON SPERLING, 1995). Segundo Jorgensen e Vollenweider (2000), o fósforo é comumente o nutriente limitante ao desenvolvimento do fitoplâncton em um corpo d'água. Quando a relação N:P é inferior a 7, o nitrogênio também pode ser um fator limitante.

Um dos principais problemas relacionados à eutrofização é a proliferação de cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas. Muitos gêneros de cianobactérias, quando submetidas a determinadas condições ambientais, podem produzir toxinas que chegam a ser fatais aos animais e aos seres humanos. Em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações,

de manutenção da vida aquática e de recreação. No Ceará, por exemplo, o monitoramento da água de quatro açudes, que são mananciais de abastecimento humano nas bacias do Curu e Acaraú, vem apresentando concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo, sendo um fator de preocupação por parte do poder público e das populações usuárias das águas (ARAÚJO *et al.*, 2006).

A sensibilidade de rios às cargas poluentes lançadas em seu leito pode ser avaliada pelo estudo dos vazões disponíveis para diluição e/ou decomposição dessa carga (VIEIRA, 2000). A Resolução CONAMA 357, de 17/03/2005, apresenta os padrões de qualidade de água, estabelecendo limites para as concentrações (massa por volume) de diversos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Conhecendo-se a vazão anual dos rios de uma determinada bacia (disponibilidade anual de águas superficiais), a carga poluidora anual de um determinado parâmetro (massa no tempo) e a sua concentração máxima permitida, é possível estimar o comprometimento das águas dos rios de uma bacia com a poluição.

Ações de tratamento terciário de efluentes, de controle da drenagem urbana, de destinação correta do lixo, de redução do desmatamento, de recomposição da mata ciliar e de redução do uso de agroquímicos na agricultura auxiliam na prevenção da poluição hídrica.

2.2.2.11 Mudança Climática

O termo mudança climática refere-se a qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devida à variabilidade natural ou decorrente da atividade humana. Essa mudança deve-se a variações na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, alterando o equilíbrio energético do sistema climático. De acordo com pesquisas realizadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC na última década, atribui-se à atividade humana o aquecimento global do planeta na última década, que apresentou períodos de maior elevação da temperatura dos últimos 1000 anos. Os gases de efeito estufa aumentam a temperatura do planeta, ocasionando dentre os efeitos diretos, a elevação do nível do mar, o aumento na frequência de eventos climáticos extremos (secas, inundações, ciclones) e a extinção de espécies vegetais e animais. Os aerossóis, por sua vez, têm efeito contrário aos gases de efeito estufa, contribuindo para a redução da temperatura pela reflexão dos raios solares (IPCC, 2007a).

Os principais gases de efeito estufa, em ordem de importância, são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). De acordo com o IPCC (2007a), “os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura”.

As atividades agroindustriais contribuem para a geração de gases de efeito estufa pelos seguintes processos: transformação de florestas em áreas agrícolas e de pastagem, reduzindo o carbono orgânico total armazenado; queima de combustíveis fósseis utilizados em veículos e caldeiras e resíduos agrícolas, liberando CO_2 , CH_4 e N_2O ; disposição de resíduos orgânicos em lixões ou aterros, liberando CH_4 pela decomposição anaeróbia; consumo de fertilizantes, que pelo processo de nitrificação e desnitrificação liberam N_2O ; criação de animais herbívoros, que pelo processo de fermentação entérica, liberam o gás CH_4 ; decomposição anaeróbia de resíduos de animais e cultivo de arroz com o método de inundação, pela liberação de CH_4 devida à decomposição anaeróbia de matéria orgânica. Apesar de a queima de resíduos liberar uma grande quantidade de CO_2 , esta não é considerada como uma emissão líquida, pois através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO_2 é absorvida no ciclo seguinte da cultura (IPCC, 1996).

Dentre as ações que podem ser efetuadas para redução das emissões e seqüestro de gases de efeito estufa, podem-se destacar: reflorestamento, uso de fontes renováveis de energia; redução das áreas de arroz inundado; compostagem de resíduos orgânicos, e; aproveitamento de resíduos orgânicos na fabricação de novos produtos e na geração de energia (IPCC, 2007b).

2.2.2.12 Depleção de fontes não renováveis de matéria e energia

De acordo com Art (1998 *apud* DULLEY, 2004), recursos não renováveis são aqueles que existem em quantidades fixas na crosta terrestre e têm potencial para renovação apenas por processos que ocorrem em centenas de milhões de anos. São considerados recursos não renováveis os minerais metálicos (exemplo: cobre, ferro, níquel), não metálicos (exemplo: pedras e rochas ornamentais, calcário, fósforo, potássio) e energéticos (óleo, gás natural, carvão mineral e urânio). Analisando informações sobre as reservas mundiais

identificadas de minerais e considerando uma taxa de crescimento na produção de 2% ao ano, o Instituto Internacional para o Desenvolvimento sustentável – IIED (*International Institute for Sustainable Development*) e o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável –WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) apresentam uma estimativa de 31 anos como o tempo de depleção das reservas de óleo, de 41 anos como o de depleção das reservas de gás natural e de 84 anos como o de depleção das reservas de carvão (IIED; WBCSD, 2002).

Considerando o uso de minerais como fonte de matéria-prima e energia, ressalta-se a criticidade do uso dos combustíveis fósseis, uma vez que além de escassos, quando utilizados, são inteiramente dissipados com potencial limitado de recuperação e liberam gases de efeito estufa. Por sua vez, os minerais metálicos são recicláveis quando em sua forma pura, não conjugados em ligas metálicas.

As atividades agroindustriais são usuárias de combustíveis fósseis em seus maquinários e no processamento de alimentos. São também usuárias de minerais como fósforo, potássio e calcário na produção agrícola (BRENTROP *et al.*, 2004) e de ferro, manganês e fósforo no enriquecimento de alimentos com aditivos nutricionais e sensoriais (MIDIO, MARTINS, 2000).

Para redução das pressões sobre as reservas de recursos não renováveis, deve-se optar pela substituição sempre que possível desses recursos pelos recursos renováveis, utilizados respeitando a capacidade regenerativa do meio, além do uso de materiais reciclados e de resíduos como matéria-prima na fabricação de produtos e na geração de energia (GIANNETTI, ALMEIDA, 2006; SONNEMANN, CASTELLS, SCHUHMACHER, 2004). Constituem-se recursos renováveis típicos os materiais orgânicos não fósseis, a água, a radiação solar, o vento e as ondas do mar.

2.2.2.13 Contaminação de alimentos pelo uso de aditivos

De acordo com Midio e Martins (2000), a contaminação de alimentos pode ser classificada em:

- **contaminação química direta, incontrollável** ou de difícil controle, que ocorre devido a processos naturais, que geram, por exemplo, micotoxinas (produto do metabolismo de fungos não patogênicos);

- **contaminação química direta, devido ao uso de aditivos**, não reconhecidos como seguros (não GRAS – *Generally Recognized as Safe*), quando utilizados em concentrações que ultrapassa os Limites Máximos Permitidos (LMP) para um dado tipo de alimento. LMP é a concentração de um aditivo, não nutriente no alimento expressa em massa do aditivo por massa do produto alimentício ou por volume, no caso de bebidas;

- contaminação **indireta**, relativa ao uso de agrotóxicos na produção agrícola e de antibióticos e hormônio na produção animal.

Aditivo de alimento é toda “substância dotada ou não de poder alimentício, adicionadas ao alimento com a finalidade de conferir ou intensificar suas propriedades organolépticas, modificar seu aspecto geral, ou prevenir alterações indesejáveis” (MIDIO; MARTINS, 2000, pg. 130). Exemplos de aditivos são corantes, conservantes, acidulantes, antioxidantes, antiespumantes, antiumectantes, edulcorantes, clarificantes, dentre outros. Dentre esses tipos, alguns corantes sintéticos (como a tartrazina e o amaranço), conservantes (nitratos e nitritos) e edulcorantes (ciclamatos) apresentam menor LMP devido aos resultados de estudos toxicológicos mostrarem ação tóxica em cobaias (SOARES; GONÇALVES, 2008).

De acordo com Midio e Martins (2000), o uso de aditivos em alimentos tem aumentado muito nos últimos anos, mesmo com suas propriedades toxicológicas ainda não estando bem definidas. Em especial, compostos sintéticos oferecem maior risco de contaminação de alimentos, devendo ser rigorosamente avaliados.

Visando a redução do risco de contaminação de alimentos por aditivos, deve-se garantir o seu uso de acordo com o LMP pela legislação e reduzir o uso de substâncias com baixa LMP. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO – Food and Agriculture Organization) e a Organização Mundial de Saúde (WHO – World Health Organization) disponibilizam um conjunto de regras e padrões para uso de aditivos em alimentos, especificando LMP para cada substância química e produto alimentício (FAO; WHO, 2008).

A Tabela 4 apresenta um resumo dos fatores principais de pressão, características do meio físico e biótico e respostas sociais as questões ambientais analisadas.

TABELA 4 – Resumos das pressões, fatores do meio físico e biótico e respostas sociais associados às questões ambientais da agroindústria

Questão ambiental	Pressões principais	Fatores do meio físico e biótico relacionados às questões	Respostas sociais que mitigam as questões ambientais	Referências
PERDA DA BIODIVERSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento - Introdução de espécies transgênicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas endêmicas, com espécies ameaçadas de extinção 	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de áreas de conservação - Cobertura vegetal em Áreas de Preservação Permanente - Conservação das áreas de reserva florestal em áreas agrícolas - Recuperação de áreas degradadas - Adoção de níveis de biossegurança compatíveis com classe de risco de organismos transgênicos 	<ul style="list-style-type: none"> - MMA (2002a, 2002b) - Santos e Câmara (2002) - Townsend, Begon e Harper (2006) - Pessoa, Carvalho e Pereira Jr. (2006)
EROSÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento e exposição prolongada do solo as intempéries do clima 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosividade da chuva - Erodibilidade do solo - Declividade do terreno 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de técnicas de conservação do solo - Reflorestamento - Preservação das reservas legais e APPs 	<ul style="list-style-type: none"> - Anjos e Van Raij (2004) - Primavesi (1984) - Silva, Schulz e Camargo (2003) - Crepani, Medeiros e Palmeira (2004)
COMPACTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Preparo do solo - Tráfego de máquinas, animais e pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> - Textura do solo - Umidade do solo - Teor de matéria orgânica - Intensidade da Chuva 	<ul style="list-style-type: none"> - Restrição das áreas com circulação de máquinas - Adubação orgânica - Rotação de culturas 	<ul style="list-style-type: none"> - Primavesi (1984) - Seixas (1988) - Richart <i>et al.</i> (2005)
SALINIZAÇÃO E SODIFICAÇÃO DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> - Salinidade da água de irrigação - prática de irrigação 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo: drenagem, profundidade - Clima: aridez - Nível do lençol freático 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle da drenagem na irrigação 	<ul style="list-style-type: none"> - Gheyi, Queiroz e Medeiros (1997) - Primavesi (1984) - Anjos e Van Raij (2004)
ACIDIFICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Uso excessivo de adubação NPK - Chuva ácida 	<ul style="list-style-type: none"> - Acidez natural do solo 	<ul style="list-style-type: none"> - Calagem - Controle no uso de fertilizantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Primavesi (1984) - Anjos e Van Raij (2004)
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR AGROTÓXICO	<ul style="list-style-type: none"> - Uso freqüente de agrotóxicos - Toxicidade do Agrotóxico 	<ul style="list-style-type: none"> - Teor de matéria orgânica do solo - Erodibilidade do solo - Textura do solo - Pluviometria - Profundidade do lençol freático 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle biológico de pragas - Certificação no campo (PIF e orgânica) - Implantação de Centrais de coleta de embalagens vazias de agrotóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Andrei (1999) - Macêdo (2002) - Ehlers (1999) - Pessoa <i>et al.</i> (2004) - Rodrigus (2003)

TABELA 4 – Resumos das pressões, fatores do meio físico e biótico e respostas sociais associados às questões ambientais da agroindústria (cont.)

Questão ambiental	Pressões principais	Fatores do meio físico e biótico relacionados às questões	Respostas sociais que mitigam as questões ambientais	Referências
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR RESÍDUOS SÓLIDOS	- Quantidade e destino inadequado do lixo - Periculosidade do lixo	- Declividade do terreno do aterro/lixão - Distância do aterro/lixão de corpos d'água - Tipo de solo do aterro/lixão	- Investimento público em saneamento básico - Reciclagem	- ABNT (1987) - Braga <i>et al.</i> (2002) - Castilhos Junior (2003) - D'Almeida e Vilhena (2000)
DESERTIFICAÇÃO	- Mudanças climáticas - Degradação do solo - Desmatamento	- Clima: aridez - Erodibilidade do solo - Salinidade do solo	- Conservação ambiental - Recuperação de áreas degradadas - Redução da pobreza	- UNESCO (1997) - IICA (2006) - Accioly e Oliveira (2004)
ESCASSEZ HÍDRICA	- Intensidade de uso - Desperdício	- Clima: aridez - Cobertura vegetal	- Programas de conservação da água - Investimentos na construção de reservatórios e perfuração de poços - Uso de técnicas eficientes de irrigação	- Tundisi (2003) - Vieira (2000) - Rebouças (2002a,2002b)
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	- Efluentes ricos em nutrientes - Uso intensivo de agroquímicos	- Vazão dos rios - Clima: aridez	- Saneamento Básico - Redução no uso de agroquímicos e fertilizantes sintéticos	- Von Sperling (1995, 1999) - Vieira (2000)
MUDANÇA CLIMÁTICA	- Emissão de gases de efeito estufa	- Clima: aridez	- Uso de fontes renováveis de energia (biomassa, solar, eólica, hídrica) - Aproveitamento de resíduos orgânico na geração de produtos e energia - Compostagem de resíduos orgânicos - Redução das áreas de arroz inundado	- IPCC (1996, 2007a, 2007b)
DEPLEÇÃO DE FONTES NÃO-RENOVÁVEIS DE MATÉRIA E ENERGIA	- Exploração e consumo elevado das reservas minerais fontes de materiais e energia	- Reservas minerais naturais	- Substituição de matérias-primas e fontes de energia minerais por recursos renováveis, sempre que possível; - Reciclagem e reuso de produtos minerais.	- Art (1998 <i>apud</i> DULLEY, 2004) - IIED e WBCSD (2002) - Brentrup <i>et al.</i> (2004) - Midio e Martins (2000) - Giannetti e Almeida (2006) - Sonnemann, Castells e Schuhmacher (2004)
CONTAMINAÇÃO DE ALIMENTOS PELO USO DE ADITIVOS	- Uso de aditivos não-GRAS em alimentos	- Tolerância humana aos diversos tipos de substâncias químicas	- Redução do uso de aditivos com baixo limites máximo permitido	- Midio e Martins (2000) - Soares e Gonçalves (2008) - FAO e WHO (2008)

2.3 Índices e indicadores ambientais

A avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas e o estudo da vulnerabilidade ambiental de sistemas requerem a identificação e o uso de indicadores para que se possa acessar as fontes de pressão decorrentes do seu uso e os potenciais impactos ambientais. Entende-se por indicador uma medida ou valor do estado de um fenômeno, ambiente ou área que é interpretado segundo critérios de avaliação. Um índice pode ser compreendido como o resultado da agregação de vários indicadores, podendo ser constituído por vários níveis de agregação (OECD, 2002a).

O uso de indicadores e índices possibilita uma melhor compreensão da realidade complexa em um determinado sistema (GIRARDIN; BOCKSTALLER; WERF, 1999; RODRIGUES; CAMPANHOLA; KITAMURA, 2003) e tem como principais funções: sintetizar grande volume de dados; mostrar a situação atual em relação à situação almejada, possibilitando uma análise de desempenho; demonstrar o progresso em direção a objetivos e metas; e comunicar a situação aos tomadores de decisão ou interessados em avaliações ambientais.

2.3.1 Análise multicritério

A análise multicritério ajuda na escolha e na organização de indicadores ambientais para avaliação de desempenho e de vulnerabilidade ambiental. Essa análise busca auxiliar a tomada de decisão quando o problema envolve múltiplas variáveis, objetivos ou critérios. De acordo com Malczewski (1999), a análise multicritério envolve a realização das seguintes ações:

- definição do problema que um ou mais tomadores de decisão pretendem resolver, que está relacionado ao objetivo maior da avaliação;
- conhecimento dos tomadores de decisão interessados na análise, seus valores e interesses;
- definição do conjunto de critérios (variáveis ou objetivos específicos) que irão auxiliar na tomada de decisão, apontando-se os atributos ou indicadores que irão mensurar os critérios estabelecidos;

- identificação das alternativas de decisão que se almeja avaliar;
- atribuição de pesos aos indicadores e critérios;
- definição das regras de normalização e agrupamento dos indicadores para se chegar a um resultado final da análise;
- realização de análise de sensibilidade do modelo proposto e da propagação de erro em uma aplicação.

A Figura 3 mostra uma estrutura geral de análise multicritério.

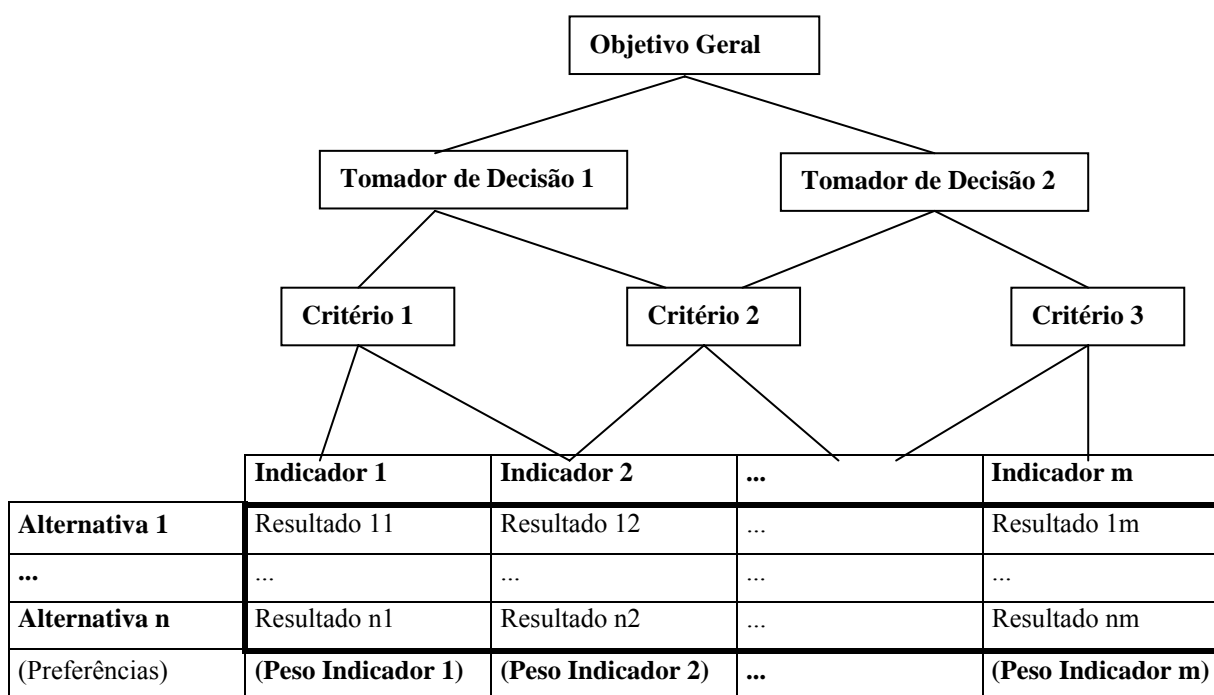


FIGURA 3 – Estrutura de uma análise multicritério genérica

Fonte: Malczewski (1999), pg. 82.

De acordo com a estrutura da análise multicritério apresentada (Figura 3), a escolha de indicadores ambientais pressupõe a definição *a priori* do objetivo da análise e dos critérios relevantes à consecução do objetivo traçado. Também se deve levar em consideração os tomadores de decisão, ou seja, os usuários que farão uso das informações levantadas pelo sistema de indicadores, considerando-se suas habilidades, interesses e capacidade de interpretação das informações.

De acordo com a OECD (1993), os principais fatores que devem ser considerados na escolha de um indicador são: relevância, fundamentação teórica e mensurabilidade. Indicadores devem ser úteis para aqueles que os irão utilizar, capazes de serem medidos, interpretados e de mostrar mudanças ao longo do tempo a um custo permissível. A

fundamentação teórica está relacionada à existência de pesquisa científica que mostre a importância e o relacionamento de um indicador com uma determinada questão ambiental. Na avaliação da mensurabilidade, deve-se observar a existência de um padrão de comparação para que inferências a respeito do grau de impacto possam ser realizadas, além da disponibilidade de informações existentes e do custo atrelado à coleta de dados.

A organização de indicadores em avaliações ambientais utiliza modelos variados, sendo os mais utilizados o modelo Pressão-Estado-Resposta (*Pressure-State-Response – PSR*) desenvolvido pela OECD (1993), com suas variações, e o modelo sistêmico apresentado por Bossel (1999). O modelo PSR é baseado no conceito de causa e efeito, ou seja, as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente, provocando alterações em seu estado que levam a respostas da sociedade buscando reduzir ou prevenir problemas ambientais. Assim, os indicadores são organizados em três critérios: pressão, estado do meio ambiente e resposta (Figura 4). Indicadores de “pressão” têm como objetivo implícito reduzir as pressões ambientais, os de “estado”, reduzir os impactos ambientais e os de “resposta” ampliar as ações da sociedade civil organizada no combate aos problemas ambientais. A OECD desenvolveu um conjunto de indicadores organizados nessa estrutura, que são mensurados e publicados anualmente pelos países pertencentes à organização.

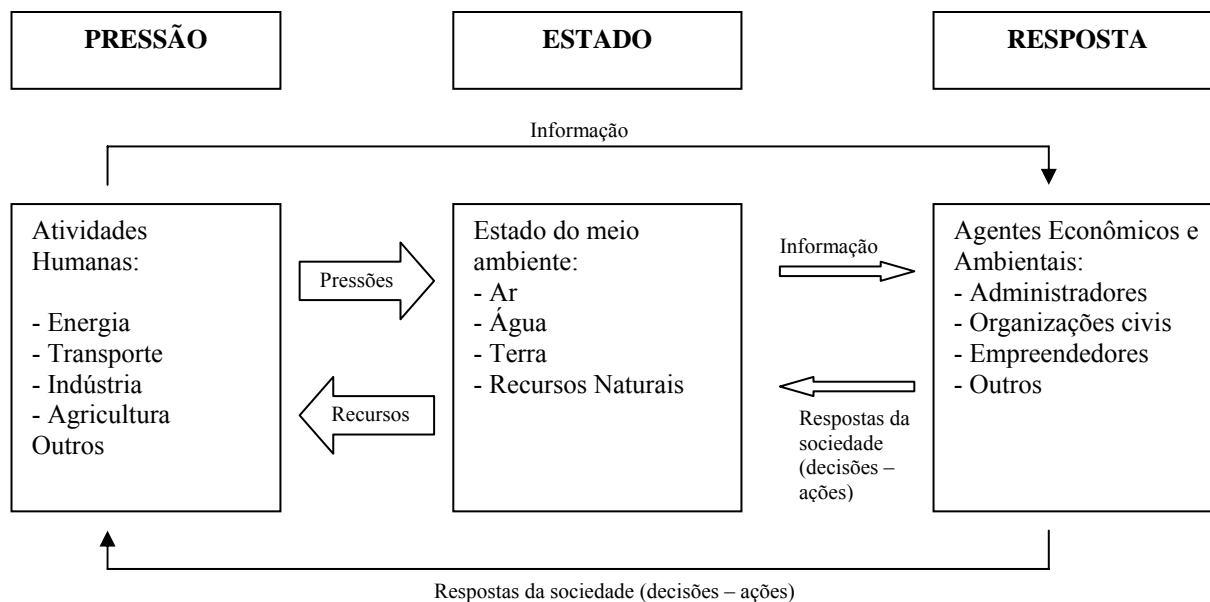


FIGURA 4 – Modelo Pressão Estado Resposta
Fonte: OECD (1993), pg. 10

Outra forma de organizar indicadores é sugerida por Bossel (1999) no modelo sistêmico, onde o meio ambiente é compreendido como um sistema complexo, constituído de subsistemas interdependentes, mas que podem ser avaliados de forma isolada por meio de

indicadores ambientais que contribuem para a existência de um subsistema e funcionamento do sistema maior (Figura 5). Embora seja impossível a compreensão completa do funcionamento do sistema ambiental, Bossel pondera que podem ser apontadas linhas orientadoras ou grandes objetivos (critérios) que o sistema deve manter: existência da vida humana, liberdade de expressão, segurança, capacidade adaptativa, coexistência de diferentes subsistemas, cultura de diferentes grupos sociais. Os indicadores ambientais são organizados em subsistemas (antrópico, biótico e abiótico) e sua escolha está atrelada à busca dos objetivos estabelecidos. Variações desses subsistemas são: sistema econômico, ecológico e social, ou ainda, sistema socioeconômico e ambiental.

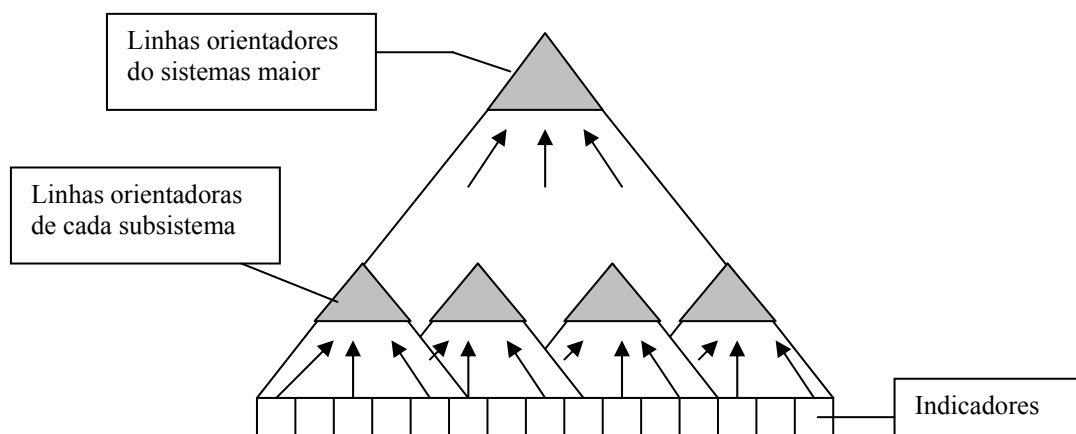


FIGURA 5 – Modelo sistêmico
Fonte: Bossel (1999), pg. 11.

Em uma análise multicritério, podem-se aferir pesos aos diferentes indicadores, a partir da análise de relevância de um indicador em relação a outro na composição de um índice. Para definição dos pesos, destacam-se duas abordagens principais: o julgamento de valor, que pode ser realizado por meio da técnica de avaliação hierárquica comparativa, proposta por Saaty (1980), e a avaliação estatística da Análise do Componente Principal – ACP (CALAIS *et al.*, 1996). A avaliação hierárquica comparativa permite a hierarquização dos indicadores por um grupo de especialistas, utilizando um método de comparação pareada em que indicadores de níveis superiores vão recebendo pesos de acordo com seu grau de importância avaliada pelos integrantes do grupo, até se alcançar os níveis inferiores. Já a ACP descreve a variação de dados multivariados, por intermédio do uso de uma matriz de covariância, onde as variáveis originais são agrupadas em novas variáveis não correlacionadas, denominadas componentes principais. Os componentes principais são apresentados em ordem decrescente de importância na explicação da variação nas variáveis

iniciais, podendo-se calcular o peso de cada variável na explicação do sistema. A ACP requer o levantamento de dados numéricos assumidos por um indicador ao longo do tempo ou em diferentes espaços e pressupõe distribuição normal das variáveis originais.

2.3.2 Agregação de indicadores

Segundo Bell e Morse (2003), a agregação de indicadores em índices é alvo de controvérsias. Questiona-se a perda de informação associada à condensação da informação em um único número, que não comunica a criticidade de cada parâmetro ou indicador que compõe a análise. Por outro lado, pessoas leigas à complexidade do debate ambiental tendem a preferir o conhecimento de um número que permita a comparação da sustentabilidade entre regiões ou ao longo dos anos, não sentindo necessidade ou disposição em analisar todas as variáveis que levaram a um determinada composição do índice. Em meio a esse dilema, esses autores refletem sobre as diferentes necessidades de conhecimento e comunicação de determinados grupos, sugerindo a disponibilização da informação em índices para o público em geral, em indicadores para os tomadores de decisão e em forma desagrupada, para cientistas que necessitam ter acesso à informação bruta (Figura 6).

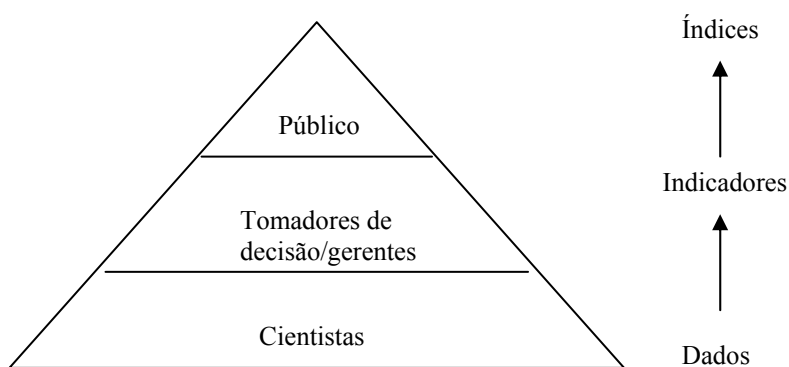


FIGURA 6 – Decisão no uso de índices e indicadores
Fonte: Bell e Morse (2003), pg. 44

A agregação de indicadores em índices envolve duas etapas principais: transformação das diferentes unidades de cada indicador em uma unidade comum e definição da regra matemática para agregação dos valores assumidos por cada indicador para composição do índice final. A seguir essas duas etapas serão apresentadas.

2.3.2.1 Normalização de indicadores

Devido à multiplicidade de indicadores utilizados e às suas diferentes unidades de medida, utilizam-se duas abordagens para normalização das informações constantes nesses indicadores em uma unidade única de medida: uso da unidade dimensional (monetária, de massa, areal, energia ou substância equivalente) como unidade padrão e uso de uma unidade adimensional. A adoção da unidade monetária como padrão requer uma valoração econômica das questões ambientais, o que vem acarretando diversas críticas no meio acadêmico (BOCKSTALLER; GIRANDIN; WERF, 1997; GIRARDIN; BOCKSTALLER; WERF, 1999; BOSSHARD, 2000). Também a transformação de diferentes indicadores (sociais, econômicos e ecológicos) em unidades de massa, energia ou área requer julgamentos de valor que dificilmente atingem consenso, restringindo a aplicação de índices em diferentes grupos sociais ou comunidades (OECD, 2002a; BELL; MORSE, 2003).

A utilização de substâncias equivalentes vem sendo usada na formação de indicadores, como no Índice de Aquecimento Global, onde uma substância é identificada como padrão por estar estreitamente relacionada a um determinado problema ambiental, no caso o CO₂ no aquecimento global, e são atribuídos pesos às demais substâncias, em comparação com a substância padrão. Essa sistemática, apesar de possuir fundamentação científica, torna difícil a análise final do índice, por não existir padrão na legislação ou na literatura facilitando a compreensão do que é uma situação ruim ou ótima (OECD, 2002a).

A agregação de indicadores com diferentes unidades de medida em um índice pode ser feita com a normalização ou a transformação dessas unidades em uma unidade adimensional (ANDREOLI; TELLARINI, 2000; PRESCOTT-ALLEN, 1997; MALCZEWSKI, 1999; MONTEIRO; RODRIGUES, 2006). Essa transformação pode utilizar valores ou funções de utilidade, ou ainda, escalas de transformação lineares. Os valores de utilidade correlacionam um valor de um indicador com uma escala adimensional contínua que expressa, em números, o que se considera como um resultado ruim, bom, médio, ótimo ou excelente. As funções de utilidade são expressões matemáticas que expressam uma variável normalizada em função dos valores possíveis obtidos com uma medição. Essas funções podem ser lineares ou não, de acordo com os valores que podem ser assumidos por um

indicador (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003; RODRIGUES; MOREIRA-VIÑAS, 2007).

As escalas de transformação lineares são amplamente utilizadas em análises multicritério (MALCZEWSKI, 1999). Dentre as técnicas mais utilizadas, destacam-se a do “valor máximo ou mínimo” e a do “intervalo de valores”. Quando está disponível para um dado indicador apenas informação sobre o valor que é considerado máximo ou mínimo, utiliza-se a técnica do “valor máximo ou mínimo”. Mas se são conhecidos os valores máximos e mínimos de uma indicador, estão pode-se utilizar a técnica “intervalo de valores”.

As Fórmulas 1a e 1b mostram a transformação linear realizada pela técnica “valor máximo ou mínimo”, que gera valores numa escala que vai de 0 a 1. Quando o indicador é do tipo “quanto maior seu valor, melhor” (Fórmula 1a), realiza-se a divisão de cada valor assumido por um indicador em um dado local ou situação, pelo valor máximo obtido dentre os valores encontrados. Caso o indicador seja do tipo “quanto menor seu valor, melhor” (Fórmula 1b), deve-se dividir o valor mínimo obtido dentre os valores obtidos para um indicador, por cada valor encontrado. Essa técnica guarda a proporção entre os valores originais assumidos por um indicador e os valores normalizados. Entretanto, o menor valor não obrigatoriamente é 0, embora o maior assume o valor 1.

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij}}{x_{ij}^{\max}} \quad (1a)$$

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij}^{\min}}{x_{ij}} \quad (1b)$$

Onde,

x_{ij}' = valor normalizado do indicador i , considerando um valor j que pode ser assumido pelo indicador i ;

x_{ij} = valor j assumido pelo indicador i ;

x_{ij}^{\max} = valor máximo dentro os valores j que podem ser assumidos por um indicador i ;

x_{ij}^{\min} = valor mínimo dentro os valores j que podem ser assumidos por um indicador i .

A técnica “intervalo de valor” utiliza na normalização a Fórmula 2a, para indicadores do tipo “quanto maior seu valor, melhor” e a Fórmula 2b, para indicadores do tipo “quanto menor seu valor, melhor”. Os valores normalizados por essa técnica não guardam a

proporção existente nos valores originais, mas o menor valor assumido por um indicador corresponde a 0 na escala adimensional e o maior, a 1.

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}} \quad (2a)$$

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij}^{\max} - x_{ij}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}} \quad (2b)$$

2.3.2.2 Agregação de indicadores em um índice final

Com relação à agregação dos indicadores em um índice final, Villa e McLeod (2002) sugerem a utilização de uma agregação linear (média aritmética), quando as variáveis do sistema são independentes, o que raramente ocorre em análises ambientais sistêmicas, cujo pressuposto é a interação e a interdependência entre as partes do sistema. Outro aspecto a ser observado é que a agregação linear permite que valores máximos sejam contrabalançados com valores mínimos. Em contraponto, esses autores sugerem uma agregação não linear (ex.: média geométrica) quando as variáveis possuem graus de dependência. Os resultados da agregação não linear são sensíveis a valores extremos, nulos, assim como a ausência de informação.

Hardi e Semple (2000) e Malczewski (1999) revisaram várias técnicas de agregação de dados e concluíram que a média aritmética simples ou ponderada é a forma mais simples e lógica de agregação, sendo utilizada na composição de diversos índices como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e recomendada para a composição do Índice *Dashboard of Sustainability*.

Na avaliação de impacto ambiental de inovações agroindustriais realizada pela EMBRAPA, utilizando-se o Sistema Ambitec-Agro, utiliza-se a média aritmética ponderada na agregação dos valores normalizados dos indicadores ambientais (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003; RODRIGUES, CAMPANHOLA, KITAMURA, 2003).

2.3.3 Análise de sensibilidade

De acordo com Malczewski (1999) e Jorgensen (1994), é importante avaliar como modificações na entrada dos dados alteram os resultados encontrados com a aplicação de modelos que utilizam a análise multicritério. Essa avaliação permite encontrar erros na lógica do sistema e definir quais indicadores implicam em maiores alterações no resultado final da análise e em quais situações as alterações ocorrem.

No estudo da sensibilidade de um modelo multicritério, podem-se alterar os valores dos indicadores e/ou seus pesos, observando-se as modificações no resultado da avaliação. Realiza-se análise de sensibilidade para variações nos valores dos indicadores quando existem variações nas medições efetuadas, pelo uso de diferentes instrumentos ou pelas variações inerentes ao processo ou fenômeno analisado. Analisa-se a sensibilidade de variações nos pesos dos indicadores, quando o consenso sobre a importância dos mesmos numa análise é precário.

A análise de sensibilidade pode ser conduzida, aplicando-se diferentes percentuais de variações (+- 10%, +- 50%) nos valores dos indicadores ou em seus pesos e se observando os percentuais de variação no resultado final. Quando pequenas variações nos pesos ou valores de entrada resultam em grandes variações no resultado final, diz-se que o modelo não é robusto (MALCZEWSKI, 1999).

De acordo com Jorgensen (1994), o índice de sensibilidade (Fórmula 3) pode ser utilizado para avaliar o impacto de cada indicador nos resultados do sistema. Valores do índice próximos de um indicam grande sensibilidade dos resultados ao indicador.

$$S = \frac{\frac{R_2 - R_1}{R_1}}{\frac{I_2 - I_1}{I_1}} \quad (3)$$

Onde,

R_1 = Resultado final do modelo obtido com o valor inicial do indicador (I_1);

R_2 = Resultado final do modelo obtido com o valor variado do indicador (I_2);

I_1 = Valor inicial do indicador I ;

I_2 = valor do indicador I após aplicada uma variação;

S = Índice de sensibilidade.

2.3.4 Análise de propagação de erro

De acordo com Malczewski (1999), em análises multicritério, o termo “propagação de erro” é utilizado para se inferir alterações no resultado de um modelo advindas de variações detectadas nos dados de entrada ou regras utilizadas no modelo. A análise de propagação de erro é também nomeada na literatura como análise de incerteza de parâmetros ou de risco na obtenção de resultados diferentes quando ocorrem variações nos dados de entrada (VIEIRA, 2005, HEIJUNGS; HUIJBREGTS, 2004 e BJÖRKLUND, 2002).

A mensuração do impacto de erros ou incertezas torna-se mais complexa de ser avaliada quando as variações encontradas se referem aos diferentes contextos espacial, temporal e social da coleta dos dados e ao julgamento de valor utilizado na escolha dos parâmetros ou indicadores do modelo e dos modelos para representação da realidade estudada (VIEIRA, 2005, HEIJUNGS; HUIJBREGTS, 2004 e BJÖRKLUND, 2002).

Na avaliação comparativa de tecnologias é importante observar as fontes e amplitude das variações dos indicadores para que os resultados possam ser melhor interpretados na escolha de um produto ou processo tecnológico em detrimento de outro.

A análise de propagação do erro na aplicação de um modelo, relacionada às variações possíveis de serem encontradas nos dados de entrada ou indicadores escolhidos, é quantificada através da atribuição de distribuições estatísticas a cada indicador e análise da propagação do erro ou das incertezas no modelo. De acordo com Malczewski (1999), Björklund (2002), Vieira (2005) e Heijungs e Huijbregts (2004), são usualmente utilizados os seguintes métodos na análise de propagação de erro ou de incerteza dos dados de entrada:

- métodos analíticos: baseados em formulações matemáticas explícitas da função do modelo. A derivada dessa função, considerando os desvios padrões de cada variável, permite o cálculo do desvio padrão do resultado final do modelo. Pode-se utilizar uma aproximação de primeira ordem da série de Taylor para o cálculo do desvio padrão do resultado final;
- método de simulação: a partir da geração repetitiva de valores aleatórios passíveis de serem assumidos pelas variáveis de um modelo, gera-se a função de distribuição de probabilidade que expressa o resultado final do modelo, conhecendo-se, assim, o desvio padrão da função geradora do resultado final. Os métodos Monte Carlo e Hipercubo Latino são comumente utilizados para avaliação da incerteza por simulação;

- método do intervalo de valores ou de valores extremos: baseado na análise dos resultados de um modelo frente à aplicação de valores extremos às variáveis do modelo (valores máximos e mínimos), considerando uma distribuição uniforme onde todos os valores entre os extremos têm igual probabilidade de ocorrência. Esse método costuma ser utilizado quando o número de repetições das medições de cada variável é pequeno e não se conhece as funções de distribuição de probabilidade;
- método difuso: é baseado na teoria dos conjuntos difusos, onde um elemento pode pertencer a mais de um conjunto, de acordo com sua pertinência que pode assumir valores entre 0 (menor pertinência) e 1 (maior pertinência). Por esse método, avalia-se a pertinência relacionada a um conjunto de resultados alcançados por um função, a partir da aplicação operações aritméticas, próprias da teoria dos conjuntos difusos, às variáveis relacionadas à função.

2.3.5 Exemplos de índices de avaliação ambiental

Muitas têm sido as tentativas em formular índices que expressem o progresso de nações ou regiões em direção ao desenvolvimento sustentável. A OECD (2002a) classifica esses índices em quatro grandes grupos, de acordo com a sistemática de agregação dos dados escolhida (Tabela 5):

- índices das ciências naturais: utilizam o conhecimento científico sobre a contribuição de determinadas substâncias químicas para a ocorrência de impactos ambientais específicos, como acidificação, eutrofização, mudança climática, destruição da camada de ozônio;
- índices de performance política: utilizam padrões da legislação ou metas propostas em políticas e programas ambientais nacionais como parâmetro de referência na avaliação das condições ambientais;
- índices baseados em esquemas de contabilização: utilizam uma unidade monetária ou areal para indicar a sustentabilidade ambiental;
- índices sínteses: utilizam um valor adimensional para expressar a sustentabilidade avaliada a partir das suas diferentes dimensões (social, econômica, ecológica).

TABELA 5 – Principais índices de sustentabilidade ambiental utilizados na avaliação de nações e regiões

Grupos	Nome	O Que Mede?	Vantagens	Desvantagens
Índices baseados nas Ciências Naturais	Índice Planeta Vivo do Fundo Mundial para a Natureza (<i>World Wildlife Fund</i> - WWF)	População de espécies animais nas florestas, ecossistemas de água doce e estuários e oceanos, ao longo dos anos (ano base - 1970).	Uma etapa de agregação;	Dificuldade de interpretar o índice pela ausência de um padrão de comparação;
	Índice do Capital Natural	Tamanho de ecossistemas e população de diversas espécies, ao longo dos anos (ano base - 1993).	Poder de simplificar a complexidade científica;	Escopo de aplicação limitado;
	Potencial de Aquecimento Global	Toneladas de CO ₂ equivalente emitidos anualmente por vários gases de efeito estufa.	Fácil consenso de sua validade.	Oneroso, pois requer a medição das substâncias poluentes.
	Potencial de Depleção da Camada de Ozônio Índices de Acidificação, Eutrofização, Toxidez etc.	Potencial de depleção da camada de ozônio pelo uso de várias substâncias. Potencial de acidificação, eutrofização e toxidez relativo a várias substâncias.		
Índices de Performance Política	Índices de Poluição do Ar (EUA, França e México)	Ozônio, material particulado, SO ₂ , NO ₂ , CO, normalizados em uma escala de 0 a 100 ou 1 a 10.	Facilmente aceito pelo público;	Potencial de descontinuidade com as mudanças na legislação e planos;
(padrões da legislação)	Índice Francês de Qualidade da Água	170 variáveis agrupadas em 15 categorias (matéria orgânica, nitrato, SST, metais, pesticidas etc.), normalizadas em uma escala de 0 a 100.	Baixo risco de má interpretação.	Aplicável apenas onde há metas e padrões estabelecidos.
(metas políticas)	Índice da Qualidade da Água de British Columbia	Frequência e severidade com que um grupo de variáveis relativas à água ultrapassa limites da legislação.		
	Índices de Performance do Plano Nacional Ambiental da Dinamarca	Pressão exercida sobre oito temas (acidificação, substâncias tóxicas e perigosas etc.) cujos limites foram estabelecidos pelo Plano Nacional Ambiental		
	Índice do Ecossistema Urbano Italiano	Qualidade do ambiente urbano, medido por 18 indicadores de pressão, estado e resposta agrupados em 9 categorias ambientais. A performance é comparada com metas ambientais da Itália e da União Européia.		
	Barômetro Ambiental Alemão	Variações no clima, qualidade do ar, fragmentação de florestas, água, energia e matéria-prima. Toma-se como base os valores dos indicadores no ano de 1990. Indicadores normalizados em uma escala de 1 a 1000.		

TABELA 5 – Principais índices de sustentabilidade ambiental (cont.)

Grupos	Nome	O Que Mede?	Vantagens	Desvantagens
Índices baseados em uma unidade de medida específica	Índice de Bem-estar Econômico Sustentável	Bem-estar humano, ajustando o PIB para incluir fatores como desigualdade social, gastos com recuperação de áreas degradadas etc.	Fáceis de entender, pois são expressos em unidades conhecidas;	Podem depender de suposições controversas;
	Indicador de Progresso Genuíno da Austrália	Bem-estar humano, ajustando o PIB.	Embasamento teórico.	Consenso internacional é difícil de ser alcançado;
	Poupança Genuína do Banco Mundial	Poupança real de um país, após descontar os gastos com extração de matéria-prima e efeitos da poluição ocasionados pelas emissões de CO ₂ .		Susceptíveis a intervalos com ausência de dados.
	Pegada Ecológica	A área necessária à produção de alimentos e a absorção de CO ₂ de um país ou atividade.		
	Requerimento Total de Materiais	O fluxo de materiais em toneladas <i>per capita</i> necessário a uma atividade.		
Índices Sínteses	Barômetro de Sustentabilidade da IUCN	Mede o bem-estar humano e do ecossistema, através de um conjunto de subíndices. O índice final é formado pelos dois índices, considerando-se como resultado final o pior dos escores.	Potencial de informar de forma simples o público em geral;	Pouca transparência;
	Índice de Desenvolvimento Humano do PNUD	Média de três índices: longevidade, educação e padrão de vida (PIB <i>per capita</i>).	Índices com potencial de serem amplamente adotados.	Consenso internacional é difícil de ser alcançado.
	Índice de Desenvolvimento Sustentável do Fórum Econômico Mundial	Combinação de indicadores de pressão, estado e resposta relacionados a: sistemas ambientais, redução de estresse, redução da vulnerabilidade humana, capacidade institucional, compromisso com o meio ambiente global.		
	Índice de Desenvolvimento Municipal	Estado das cidades com relação à infra-estrutura, lixo, saúde, educação e PIB municipal.		

Fonte: OECD (2002a)

Na avaliação do impacto socioeconômico e ambiental de propriedades rurais, os seguintes sistemas de indicadores são amplamente utilizados na América Latina:

- APOIA-NovoRural que integra 62 indicadores econômicos, sociais e ecológicos na avaliação da performance ambiental de estabelecimentos rurais, com a geração de um índice final. A expressão Novo Rural refere-se às novas atividades econômicas que emergem no meio rural, em substituição à tradicional produção agrícola (RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003). O índice final de avaliação desse sistema é do tipo síntese;
- Agro-Eco-Index que utiliza 11 indicadores ecológicos na avaliação de atividades agropecuárias nos pampas Argentinos. Os indicadores são relativos ao consumo de energia fóssil, eficiência no uso de combustível fóssil, balanço de nitrogênio, balanço de fósforo, risco de contaminação por nitrogênio, fósforo e pesticida, risco de erosão, risco de intervenção no habitat, mudança no estoque de carbono e balanço de gases de efeito estufa. Os resultados são por indicador, não sendo utilizada uma sistemática de normalização e agregação dos dados em um índice final (VIGLIZZO *et al.*, 2006).

No âmbito da pesquisa, destacam-se dois sistemas voltados para avaliação da performance ambiental de inovações tecnológicas:

- o Sistema Ambitec-Agro (Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agroindustrial), desenvolvido por Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003) com o propósito de avaliar o impacto ecológico de inovações agroindustriais no local onde uma tecnologia é adotada. Esse sistema gera um índice final síntese da avaliação, é utilizado pelos centros da Embrapa em todo país na avaliação de suas inovações e será detalhado no próximo item (2.4 O Sistema Ambitec-Agro);
- o Sistema INOVA-tec (Sistema de Avaliação de Impacto da Inovação Tecnológica), desenvolvido por Jesus-Hitzschky (2007) com o objetivo de avaliar a performance *ex-ante* e *ex-post* de uma inovação, observando aspectos sociais, econômicos, ecológicos, institucionais, de capacitação, de introdução/transferência da tecnologia e de eventos inesperados. O Sistema gera dois índices que são avaliados conjuntamente em uma matriz de decisão: o índice de significância da inovação, que considera a extensão, escopo e influência da tecnologia, e; o índice de magnitude que considera indicadores referentes aos aspectos mencionados.

2.4 O Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agroindustrial - Ambitec-Agro

As discussões sobre avaliação ambiental de tecnologias foram iniciadas na EMBRAPA na década de 1980 (CASTRO; RODRIGUES; FERREIRA, 1988) e sistematizadas em um modelo de avaliação, proposto por Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003). O Sistema Ambitec-Agro foi concebido para avaliar os impactos de inovações tecnológicas agroindustriais nos espaços de produção agropecuária e de processamento ou transformação industrial, originalmente analisando os impactos ecológicos e atualmente buscando avaliar também os impactos socioeconômicos, no módulo Ambitec-Social (MONTEIRO; RODRIGUES, 2006). Esse sistema utiliza planilhas do Excel para entrada e agregação dos valores atribuídos aos indicadores, sendo de fácil uso. Será apresentada a seguir a hierarquia de indicadores, assim como a sistemática de agregação utilizada no Sistema Ambitec-Agro, de acordo com Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003), Irias *et al.* (2004) e Monteiro e Rodrigues (2006).

O impacto de tecnologias é avaliado por um conjunto de indicadores (ou variáveis quantitativas ou qualitativas), organizados em critérios ou aspectos importantes da avaliação e, esses, em princípios ou grandes objetivos que devem ser perseguidos. Em cada módulo do sistema de análise proposto – impacto ambiental de inovações agrícolas (Ambitec-Agricultura), pastoris (Ambitec-Produção animal) e agroindustriais (Ambitec-Agroindústria), além do impacto sócio-econômico (Ambitec-Social) – são utilizados diferentes indicadores, critérios e princípios, de acordo com as questões ambientais associadas a esses sistemas. As Figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam a hierarquia de indicadores ambientais do Sistema Ambitec-Agro, para avaliação das questões agrícolas, pastoris, agroindustriais e sociais.

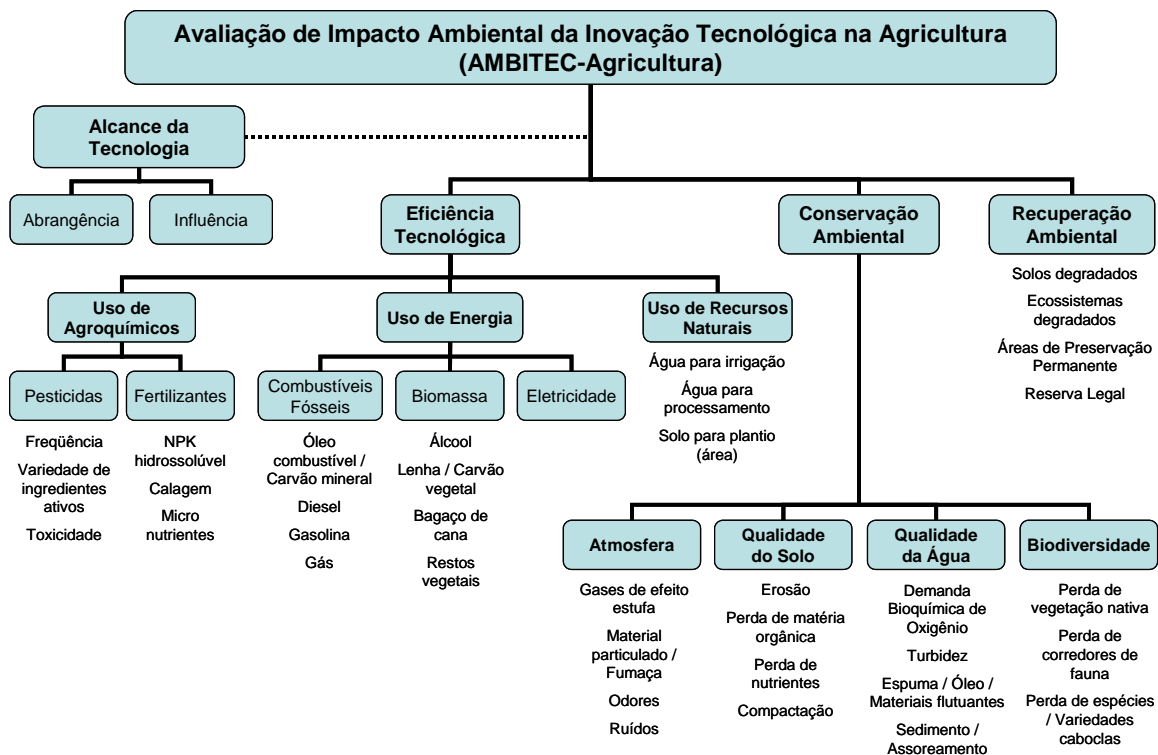


FIGURA 7 – Estrutura de avaliação do Ambitec-Agricultura

Fonte: Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003), pg. 33

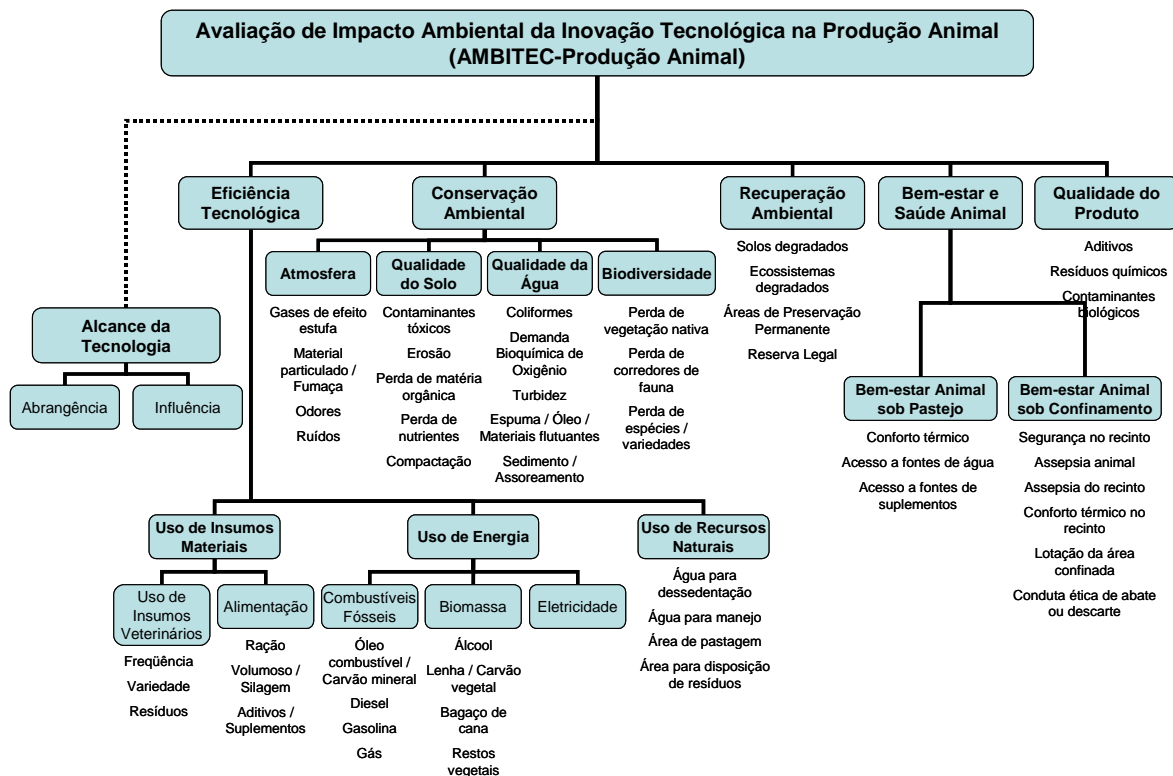


FIGURA 8 – Estrutura de avaliação do Ambitec-Produção Animal

Fonte: Irias *et al.* (2004), pg. 5

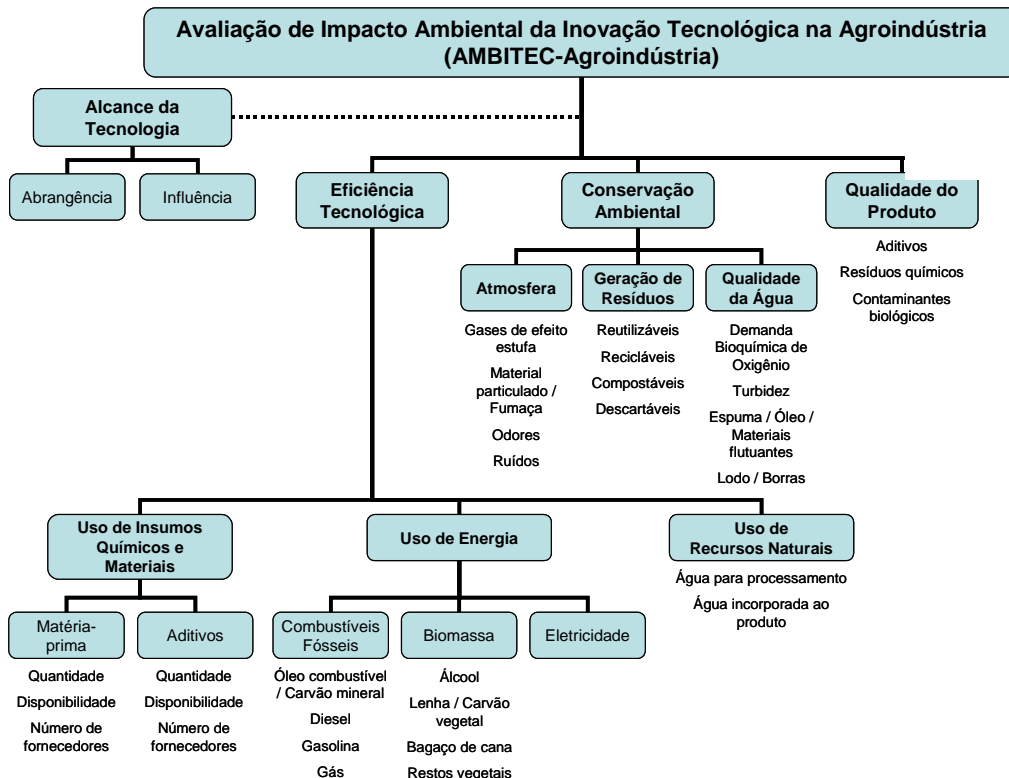


FIGURA 9 – Estrutura de avaliação do Ambitec-Agroindústria

Fonte: Irias *et al.* (2004), pg.5

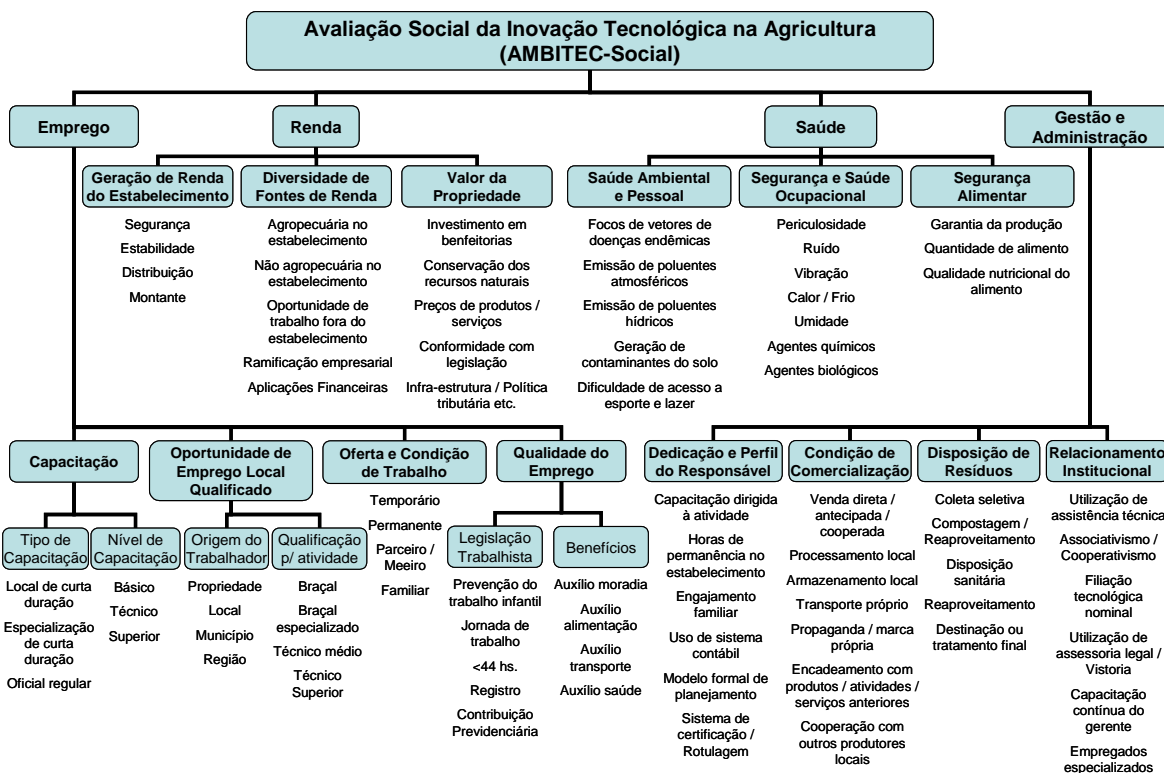


FIGURA 10 – Estrutura de avaliação do Ambitec-Social

Fonte: Monteiro e Rodrigues (2006), pg. 49

Nesses sistemas, o impacto é avaliado comparando a situação de uso dos recursos e de emissão de poluentes resultantes da adoção da tecnologia com uma tecnologia anterior a sua adoção, numa dada unidade produtiva. A análise comparativa entre tecnologias permite avaliar o progresso de uma inovação em direção à redução de impactos ambientais e, por consequência, a uma maior sustentabilidade.

A pontuação das alterações nos indicadores ambientais é feita a partir de uma entrevista junto a uma amostra de usuários da tecnologia e de vistorias de campo. O usuário avalia o impacto da inovação considerando o nível ou coeficiente de alteração (ausente, moderada ou grande alteração) de um indicador após a introdução da tecnologia, utilizando uma escala de pontuação (Tabela 6).

TABELA 6 – Coeficientes de alteração do Sistema Ambitec-Agro

Efeito da tecnologia na atividade sob as condições de manejo	Coeficiente de alteração do indicador
Grande aumento no indicador	+3
Moderado aumento no indicador	+1
Indicador inalterado	0
Moderada diminuição no indicador	-1
Grande diminuição no indicador	-3

Fonte: Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003)

O Sistema Ambitec-Agro utiliza duas ponderações para cada indicador. A primeira ponderação se refere à escala espacial em que se dá o impacto: pontual, local e no entorno, atribuindo-se o peso maior para impactos que afetam o entorno. O segundo fator de ponderação diz respeito à importância do indicador na formulação do índice. A agregação final dos indicadores em subíndices ou componentes e desses no índice final é feita pela soma dos coeficientes de alteração, ponderados pelos dois fatores mencionados.

O sistema Ambitec-Agro se caracteriza por:

- abranger indicadores relativos a questões chave de inovações agroindustriais, como eficiência tecnológica, conservação e recuperação ambiental, além de questões sociais como saúde e geração de emprego e renda;
- permitir ao pesquisador não especialista em avaliações de impacto ambiental aplicar a ferramenta, que é de simples utilização, para melhoria do desempenho ambiental de inovações;
- requerer que a unidade agroindustrial que utiliza uma inovação já tenha adotado outras tecnologias anteriormente, para que os indicadores sejam pontuados;

- basear-se em um julgamento de valor do entrevistado, quando da atribuição de valores aos indicadores (+3,+1,0,-1,-3), não requerendo a quantificação dos fatores de impacto ambiental;
- não considerar a vulnerabilidade da região que abriga uma unidade de produção;
- tomar como escala para análise dos impactos da inovação a unidade de produção usuária da inovação (fazenda ou unidade de processamento ou transformação).

A análise dessas questões permite propor algumas modificações no Sistema Ambitec-Agro. Muitas inovações agroindustriais como, por exemplo, a máquina extratora de água de coco verde e o substrato da casca de coco verde, possibilitam a abertura de novas empresas ou unidades agroindustriais. Nessas unidades recém criadas, não existem informações sobre questões ambientais relativas a tecnologias anteriores, tornando complexa a comparação de uma tecnologia com outra na valoração dos indicadores ambientais. Mesmo quando as unidades industriais já estão há algum tempo no mercado, a avaliação qualitativa do entrevistado, embora de fácil e rápida realização, é mais subjetiva que uma avaliação que considere dados quantitativos de consumo e emissões, quando da valoração dos indicadores ambientais.

Outro aspecto é que os impactos ambientais apontados ocorrem em intensidade maior ou menor de acordo com a vulnerabilidade do meio ambiente onde uma tecnologia será adotada. Exemplificando, uma tecnologia que consome grandes volumes de água terá um maior impacto em região com maior escassez de água. A consideração dessas diferenças regionais requer a ponderação da sensibilidade regional, ou sua vulnerabilidade, na avaliação de cada indicador ambiental.

Com relação ao escopo de análise, a introdução de uma nova tecnologia pode acarretar impactos não só na etapa de produção em que é diretamente aplicada, mas também nas etapas de produção posteriores ao processo alterado (relacionadas às formas alternativas de transporte, distribuição, consumo e disposição final do novo produto tecnológico) e/ou nas etapas anteriores ao processo alterado (relacionadas às mudanças em tipo, quantidade e qualidade de matérias-primas, energia e insumo utilizados pela nova tecnologia).

O conceito de análise de ciclo de vida expande a escala de análise dos impactos ambientais gerados por uma inovação tecnológica, seja de produto ou de processo. Essa avaliação do impacto ambiental de inovações em diferentes elos da cadeia produtiva carece de ser realizada no âmbito da pesquisa agropecuária, para que o compromisso da pesquisa seja com a sustentabilidade ambiental global.

2.5 Conceitos que auxiliam na expansão do Sistema Ambitec-Agro

2.5.1 Vulnerabilidade Ambiental

A análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar a fragilidade de sistemas ambientais frente a determinadas pressões. Essa informação é útil no planejamento ambiental, possibilitando identificar regiões onde a degradação ambiental resultante de uma dada ação será mais crítica e desenvolver programas visando à redução das fontes de pressão. Em estudos prospectivos sobre possíveis impactos ambientais da adoção de inovações tecnológicas em diferentes regiões, a análise de vulnerabilidade permite identificar locais onde esses impactos podem ser maiores ou menores. Permite ainda subsidiar a etapa de desenvolvimento de uma tecnologia com informações sobre o meio ambiente onde a tecnologia será adotada, para que a inovação faça uso de insumos disponíveis na região, gere resíduos capazes de serem corretamente dispostos ou assimilados no meio ambiente ou agregue outras tecnologias para tratar os resíduos.

Os estudos sobre vulnerabilidade ambiental de sistemas têm crescido nos últimos anos, podendo-se citar a análise da vulnerabilidade de: regiões à mudança climática (METZGER *et al.*, 2006); regiões montanhosas à degradação ambiental (LI *et al.*, 2006); reservas hídricas subterrâneas à contaminação por agrotóxico e nitrato (BARRETO, 2006); geossistemas a processos morfogenéticos e pedogenéticos (LIMA, MORAIS e SOUZA, 2000); regiões às mudanças globais (SCHOTER *et al.*, 2004); áreas próximas a unidades industriais às emissões de poluentes dessas unidades (TIXIER *et al.*, 2005); bacias hidrográficas à degradação ambiental (TRAN *et al.*, 2002; ZIELINSKI, 2002); ecossistemas à degradação ambiental (VILLA; McLEOD, 2002). Esses estudos utilizam diferentes tipos de indicadores na caracterização da vulnerabilidade de um determinado sistema ambiental (bacia hidrográfica, paisagem, aquífero etc.).

Villa e McLeod (2002) apontam três passos necessários à construção de um modelo de avaliação da vulnerabilidade ambiental: definição do conceito de vulnerabilidade, escolha do sistema a ser avaliado, e escolha e organização dos indicadores ambientais. A necessidade de definir o conceito de vulnerabilidade advém da existência de diversos estudos sobre o tema, com diferentes abordagens de análise. O estudo da vulnerabilidade também

requer a delimitação do sistema ambiental em estudo, assim como a identificação dos seus elementos constituintes. A escolha dos indicadores deve estar atrelada ao conceito de vulnerabilidade adotado e ao objetivo da análise.

A seguir, serão analisados os diferentes conceitos de vulnerabilidade atualmente em uso, os tipos de sistemas ambientais passíveis de estudo de vulnerabilidade e procedimentos de organização e escolha de indicadores de vulnerabilidade ambiental.

2.5.1.1 Conceitos de vulnerabilidade

O significado de vulnerabilidade não é consenso em estudos sobre o tema, dificultando a comparação dos resultados de trabalhos semelhantes. Metzger *et al.* (2006) e Schoter *et al.* (2004) relacionaram o conceito ao grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos negativos provenientes de mudanças globais. Nesse estudo, a susceptibilidade está relacionada ao grau de exposição de ecossistemas a mudanças ambientais, à sensibilidade (avaliada a partir de medidas dos impactos ambientais potenciais resultantes da exposição) e à capacidade de resposta da sociedade em implementar ações de ajuste às mudanças.

Li *et al.* (2006) relacionaram vulnerabilidade a características do meio físico e biótico (declividade, altitude, temperatura, aridez, vegetação, solo), à exposição a fontes de pressão ambiental (densidade populacional, uso da terra) e à ocorrência de impactos ambientais (erosão hídrica) em uma área montanhosa.

Barreto (2006), ao revisar métodos de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos, utilizou um método que relaciona esse conceito a características do meio físico que tornam aquíferos mais ou menos sensíveis à contaminação por nitrato e agrotóxico.

Para Lima, Morais e Souza (2000), a vulnerabilidade de um geossistema é avaliada analisando características do meio físico (solo, rocha, relevo, clima e recursos hídricos), biótico (tipo de vegetação) e antrópico (uso e ocupação do solo) que tornam o relevo mais ou menos instável ou sujeito a processos erosivos.

Já Tixier *et al.* (2005) relacionaram vulnerabilidade ao grau de exposição de pessoas e ambientes naturais a pressões (gases tóxicos, lançamento de efluentes etc.) que partem de uma unidade industrial, considerando características do ambiente (densidade populacional, uso e ocupação do solo).

Tran *et al.* (2002) relacionaram vulnerabilidade à exposição de uma bacia a pressões (densidade populacional, densidade de rodovias), a características do meio (uso e ocupação do solo) e a impactos ambientais potenciais (poluição por ozônio), em uma análise de 123 bacias hidrográficas nos Estados Unidos, considerando indicadores provenientes de um atlas ecológico.

Zielinski (2002) propôs uma análise de vulnerabilidade pela avaliação da área impermeabilizada de microbacias hidrográficas, relacionando esse conceito a uma característica do meio (pavimentação do solo).

Villa e McLeod (2002), por sua vez, relacionaram a vulnerabilidade a processos intrínsecos que ocorrem em um sistema, devido ao seu grau de conservação (característica biótica do meio) e resiliência ou capacidade de recuperação após um dano, e a processos extrínsecos, relacionados à exposição a pressões ambientais atuais e futuras.

Observa-se que o conceito de vulnerabilidade se refere a determinadas questões, problemas ou impactos ambientais (mudança climática, erosão etc.). Segundo Gallopin (2006), é importante definir quais perturbações serão objeto do estudo, uma vez que um sistema pode ser vulnerável a um tipo de problema, enquanto a outros não.

Observa-se também que esse conceito está atrelado a outros como exposição a pressões, impacto ambiental (real ou potencial), sensibilidade do sistema ecológico, capacidade adaptativa da sociedade, resiliência e susceptibilidade a ocorrência de efeitos negativos (envolve exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa). Embora alguns estudos realizem medidas de impacto real em estudos de vulnerabilidade, Gallopin (2006) avaliou que esse termo é usualmente compreendido como a susceptibilidade de um sistema a um dano potencial ou transformação, quando sujeito a uma perturbação ou pressão ambiental, ao invés da medida de um dano real.

De acordo com Adger (2006), as definições de vulnerabilidade usualmente atrelam esse conceito a um ou mais dos seguintes fatores: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa ou de resposta do sistema. O estudo desses fatores permite a avaliação da maior ou menor vulnerabilidade de um sistema a determinadas questões ambientais. A exposição significa o grau, duração ou extensão em que o sistema está em contato com perturbações. A sensibilidade está relacionada à extensão ou grau em que um sistema pode absorver as pressões sem sofrer alterações no longo prazo. A capacidade adaptativa é a habilidade do sistema se ajustar a um dano ocorrido, fazer uso de recursos ou oportunidades ou responder a mudanças ambientais que venham a ocorrer. Nesse contexto, um sistema é

mais vulnerável quanto maiores as pressões, maior a sensibilidade do meio e menor sua capacidade adaptativa.

Analisando a literatura sobre vulnerabilidade, Gallopin (2006) avalia que as definições de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa assumem diferentes significados, devendo-se esclarecer o que se entende por esses termos em avaliações de vulnerabilidade. Exemplificando, em estudos de vulnerabilidade a mudanças climáticas e globais (METZGER *et al.*, 2006; SCHOTER *et al.*, 2004), a capacidade adaptativa é compreendida como a existência de ações sociais, econômicas e ambientais que permitem à sociedade melhor se adaptar às possíveis mudanças ambientais. Entretanto, o termo “capacidade adaptativa” também é utilizado para denotar a resiliência de um ecossistema, ou sua capacidade de manter a estabilidade ecológica frente a pressões externas. Segundo Villa e McLeod (2002), a definição de indicadores de resiliência é complexa devido à escassez de pesquisas que forneçam indicativos de resiliência, nos diversos tipos de ecossistemas, a determinados fatores de pressão.

Percebe-se, então, que estudos usualmente consideram pelo menos um dos fatores: exposição de um sistema a perturbações, sensibilidade do meio e capacidade adaptativa, sendo necessário o pronto esclarecimento desses conceitos em análises de vulnerabilidade.

2.5.1.2 Sistema ambiental

Chorley e Kennedy (1971 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999) definem sistema como “um conjunto estruturado de objetos e atributos que consistem de componentes ou variáveis que assumem relações discerníveis uns com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo, de acordo com determinado padrão”. Por essa definição, percebe-se a presença de uma hierarquia de sistemas que se inter-relacionam em uma ordem superior de complexidade. Devido às muitas variáveis e relações existentes na perspectiva sistêmica, Christofolletti (1999) pondera sobre a necessidade de conciliar a perspectiva reducionista com a sistêmica na análise ambiental, devendo-se estabelecer a hierarquia entre os componentes do sistema, a definição de variáveis que melhor descrevem o funcionamento de cada subsistema, mas sem perder a visão da complexidade do todo.

De acordo com Christofolletti (1999), podem-se citar os seguintes sistemas ambientais:

- o ecossistema, compreendido como qualquer unidade que inclui a totalidade de organismos em uma área interagindo com o meio ambiente físico. A definição da área de um ecossistema procura manter a homogeneidade da comunidade biológica, podendo assumir diversas escalas de grandeza espacial, embora os estudos usualmente utilizam a escala local. Exemplos: rios, lagos, corredores ecológicos, manchas de vegetação com fisionomias homogêneas;
- o geossistema: correspondendo a uma paisagem delimitada pelas características morfológicas e geológicas, dentre outras, de uma determinada região, em níveis espaciais decrescentes. Exemplos: planícies, planaltos, serras, depressão sertaneja;
- a bacia hidrográfica: corresponde a uma área drenada por um rio ou conjunto de rios, delimitada por divisores de água. Bacias podem ser hierarquizadas pela subdivisão de uma bacia maior em sub-bacias, cujas águas contribuem para a formação do rio principal. No Brasil, a Resolução CONAMA Nº 1, de 23/01/1986, estabelece que a bacia hidrográfica deve ser considerada como área de estudo em avaliações de impacto ambiental, uma vez que as pressões exercidas por atividades humanas repercutem diretamente sobre a qualidade das águas, do solo, da vegetação e de vida de populações residentes em bacias hidrográficas.

Chorley e Kennedy (1971 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999) propuseram uma classificação dos estudos de sistemas ambientais em quatro tipos principais, de acordo com o enfoque de interesse:

- estudos de sistemas morfológicos: são compostos pela associação das propriedades físicas dos sistemas, sendo delimitados por formas geométricas. São utilizados em estudos morfológicos, estabelecendo-se indicadores relacionados com a forma e com os elementos físicos que o compõem. Quando as bacias hidrográficas são estudadas sob o ponto de vista morfológico, utilizam-se usualmente indicadores relacionados à morfometria das redes de canais e à topografia. Quando um geossistema é analisado sob um aspecto morfológico, usualmente é descrito por indicadores topográficos;
- estudos de sistemas processos-resposta: combinam sistemas morfológicos a processos ambientais, indicando a resposta de uma área a um determinado processo ou ação modificadora da dinâmica ambiental. O objetivo de estudos

nesses sistemas é identificar as relações entre determinadas ações e modificações provocadas na forma ou estrutura de um sistema morfológico. Esse tipo de análise é utilizado em estudos de avaliação de impacto ambiental. Também é adequado a avaliações de vulnerabilidade ambiental, uma vez que essas avaliações consideram as respostas potenciais dos fatores ambientais (naturais e antrópicos) ou sua sensibilidade a pressões exercidas. Assim, um exemplo de estudo para essa tipologia é a avaliação da vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica a perturbações antrópicas que conduzem a degradação do solo e da água;

- estudos de sistemas em seqüência ou encadeados: são compostos por uma cadeia de processos (subsistemas) que se inter-relacionam pela transferência de matéria e energia. A ênfase desses sistemas incide na caracterização dos fluxos de matéria e energia e nas transformações ocorridas em cada subsistema. Exemplos desse tipo de estudos são avaliações de fluxos de matéria ou energia em sistemas ecológicos formados por produtores, consumidores e decompositores, ou em sistemas industriais formados por cadeias de produção primária, secundária e terciária;

- estudos de sistemas controlados: são aqueles que apresentam a atuação humana sobre os sistemas de processos-resposta. Busca-se avaliar como o homem pode intervir em processos ambientais de tal forma a realizar alterações ou respostas no ambiente. Um exemplo de estudo nessa linha é a introdução de espécies exóticas em um ecossistema lacustre, avaliando-se seu impacto na cadeia alimentar.

De acordo com Christofolletti (1999), os sistemas ambientais podem ainda ser estudados seguindo duas abordagens distintas: a ecológica e a geográfica. A abordagem ecológica estuda os ecossistemas, com o foco nas características e inter-relações dos organismos vivos em diferentes habitats, podendo-se analisar o fluxo de energia, de nutrientes, a produtividade, a dinâmica de populações, a biodiversidade, a estabilidade dinâmica de ecossistemas e as sucessões ecológicas ao longo do tempo.

A abordagem geográfica analisa o espaço geográfico caracterizado pelo relacionamento de fatores abióticos, bióticos e antrópicos, estando o ser humano incluído nas inter-relações e fluxos de matéria e energia. Nessa abordagem, estuda-se a estrutura e a dinâmica ambiental em um espaço que pode ser visualizado e distinguido em fotos aéreas ou imagens de satélite pelas variações no relevo, vegetação, hidrografia e tipo de solo. O clima e a geologia integram a análise, embora não possam ser visualmente discernidos. As ações humanas modificadoras e restauradoras do ambiente também devem ser contempladas. Em

avaliações de impacto ambiental ou de planejamento regional, incluindo-se planejamento de bacias hidrográficas, utiliza-se esse tipo de abordagem.

Pode-se concluir que, em estudos de vulnerabilidade ambiental, a bacia hidrográfica é um sistema adequado à análise ambiental, já sendo utilizada em estudos de impacto ambiental. Esses estudos são do tipo “processos-resposta”, sendo adequada a abordagem geográfica. Deve-se, assim, definir os processos ambientais de interesse. Em uma análise da vulnerabilidade de um sistema à degradação ambiental decorrente de pressões oriundas de tecnologias agroindustriais, os processos de interesse são aqueles resultantes dessas pressões. Esses processos levam à ocorrência de impactos ambientais capazes de reduzir a qualidade ambiental e devem orientar a escolha dos indicadores de vulnerabilidade.

2.5.1.3 Indicadores de vulnerabilidade ambiental

A organização desses indicadores pode seguir a sistemática proposta pela análise multicritério, de acordo com Malczewski (1999), em que é estabelecida uma hierarquia de critérios e indicadores associados a um objetivo de avaliação. A escolha de indicadores em uma avaliação de vulnerabilidade de um sistema à degradação ambiental requer inicialmente a definição de quais aspectos serão considerados no estudo da vulnerabilidade (exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa etc.) e dos processos ou questões ambientais (erosão, perda da biodiversidade etc.) que serão avaliadas quando se fala em “degradação ambiental”. Os aspectos podem guiar a escolha dos critérios a serem utilizados, e as questões ambientais, a escolha dos indicadores ambientais relacionados a cada critério. As principais questões ambientais associadas à agroindústria foram analisadas no item “2.2.2 Questões ambientais relacionadas à agroindústria”.

2.5.2 Avaliação de Ciclo de Vida

A importância de considerar o conceito de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais de inovações tecnológicas reside no fato de permitir expandir o escopo de avaliação, uma vez que o impacto de uma inovação extrapola o local onde é adotada,

permeando toda a cadeia produtiva em que está inserida, desde a produção da matéria-prima requerida pela tecnologia até o descarte final de produtos resultantes da sua adoção. Esse tema está organizado em dois subitens. O primeiro, “Conceito de ciclo de vida”, mostra o objetivo e escopo da análise ambiental baseada no ciclo de vida. O segundo, “Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)”, apresenta os elementos de uma avaliação ACV, com base nas normas ISO, assim como as vantagens e limitações desse método.

2.5.2.1 Conceito do Ciclo de Vida

Até meados da década de 1990, a avaliação de impactos ambientais se restringia a análises em unidades produtivas, avaliando alterações nos fatores ambientais (água, ar, solo, biota) decorrentes dos processos de produção. Entretanto, as discussões ocorridas em 1992 na formulação do 5º Programa de Ação Ambiental da União Européia indicaram a necessidade de desenvolvimento e adoção de estratégias que promovessem uma atuação pró-ativa da sociedade em relação às questões ambientais, concentrando esforços na prevenção dos problemas ambientais e não na sua mitigação. Essa visão de atuação ambiental pró-ativa instigou o debate na comunidade científica sobre a necessidade de considerar as questões ambientais relacionadas não somente a processos de produção, mas a todo o ciclo de vida de produtos (FRANKL; RUBIK, 2000).

O conceito de ciclo de vida (*Life Cycle Thinking*) interliga um determinado produto a um fluxo de processos executados ao longo de uma cadeia produtiva e além dela, abrangendo o consumo e o pós-consumo (FRANKL; RUBIK, 2000). Esse conceito instiga a análise das questões ambientais relacionadas a um produto nesse fluxo (Figura 11), ou seja, ao longo do seu ciclo de vida, sendo adotado por pesquisadores, empresários e instituições governamentais e não governamentais com o intuito de auxiliar a tomada de decisão sobre pesquisa, desenvolvimento, comercialização e disposição final de produtos e serviços, permitindo a expansão dos horizontes da AIA (FRANKL; RUBIK, 2000).

Segundo Jenssen e Remmen (2006), o principal objetivo do conceito de ciclo de vida é reduzir o consumo de materiais e as emissões relacionados aos vários estágios de produção de um produto, além de fomentar o desempenho socioeconômico em cada estágio. Para tanto, esta avaliação requer o uso de modelos e métodos que facilitem a integração de aspectos socioeconômicos e ambientais nessa perspectiva ampla de avaliação.

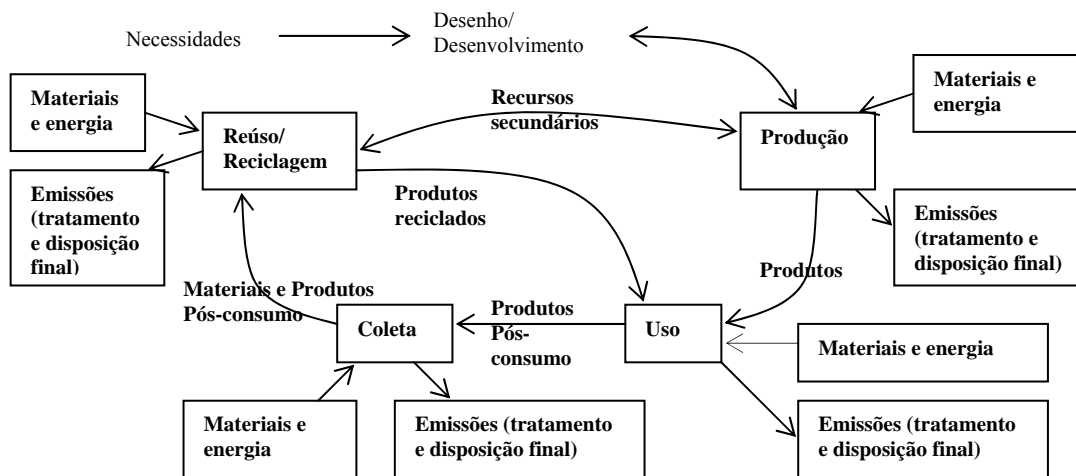


FIGURA 11 – Etapas do ciclo de vida de um produto genérico
 Fonte: A partir de Rebitzer *et al.* (2004)

2.5.2.2 Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Buscando operacionalizar o conceito de ciclo de vida, muitas metodologias têm sido desenvolvidas no intuito de avaliar os impactos ambientais de produtos, dentre as quais destacam-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a Avaliação Simplificada do Ciclo de Vida do Produto (*Streamlined Life Cycle Assessment – SLCA*) e o Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing – LCC*). Essas ferramentas caracterizam-se por avaliar os impactos ecológicos ou socioeconômicos, separadamente. A metodologia ACV é a única que possui normas estabelecidas pela Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization – ISO*) e será analisada detalhadamente a seguir. A SLCA é uma metodologia que simplifica a análise tradicional ACV, reduzindo o escopo da avaliação ou o número de indicadores de impacto analisados (GRAEDEL, 1998). O LCC busca avaliar o custo total relacionado aos impactos ambientais da ACV (REBITZER *et al.*, 2004).

A ACV compila e avalia os impactos ambientais potenciais do ciclo de vida de um produto, considerando as entradas e saídas de cada etapa de estudo. Segundo a norma ISO 14040 (ABNT, 2001), a avaliação do ciclo de vida do produto é um método que busca acessar os aspectos e impactos ambientais de produtos por meio da: compilação de um inventário de entradas e saídas em uma cadeia produtiva, acrescida das etapas de consumo e pós-consumo; avaliação dos impactos ambientais potenciais associados com as entradas e saídas;

interpretação dos resultados da análise em relação aos objetivos do estudo (Figura 12). Uma avaliação completa inclui o ciclo de vida inteiro do produto, compreendendo extração e processamento de matérias-primas, manufatura, transporte, distribuição, uso, reúso, manutenção, reciclagem e disposição final do produto.

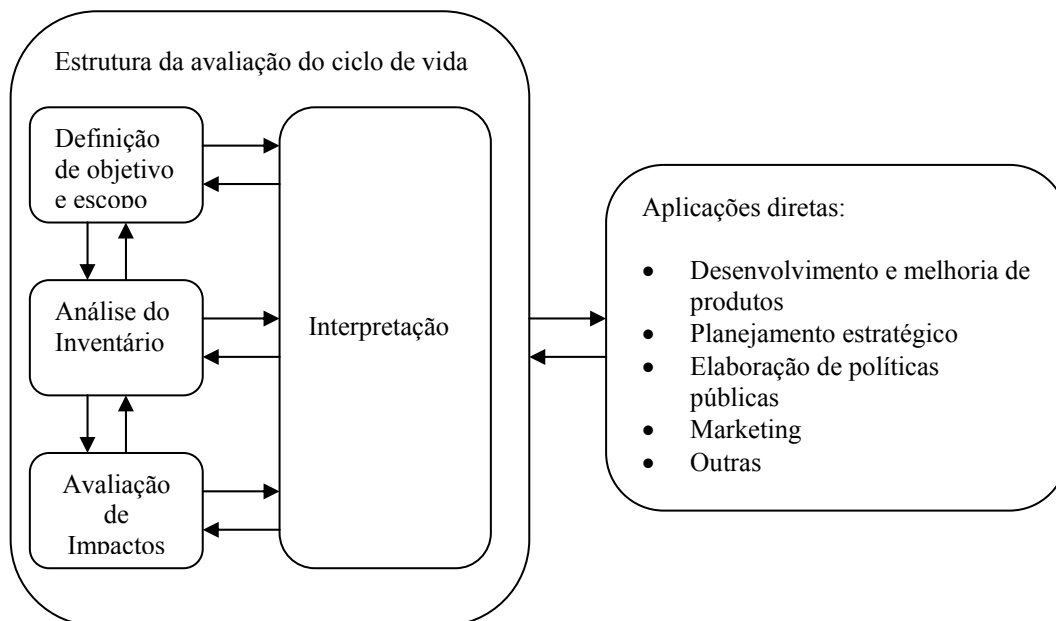


FIGURA 12 – Fases de uma ACV, conforme ISO 14040
Fonte: Norma ISO 14040 (ABNT, 2001), pg. 5

Objetivo e escopo da avaliação

Para condução de uma ACV, a norma ISO 14041 estabelece o objetivo e o escopo do estudo como aspectos que devem ser contemplados para um eficaz planejamento da avaliação. O objetivo de uma avaliação deve estabelecer a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público alvo.

Segundo a Norma ISO 14040 (ABNT, 2004a), na definição do escopo devem ser estabelecidos:

- a função ou serviço desempenhado pelo produto, quantificada pela unidade funcional. A função de uma tecnologia é o seu objetivo ou serviço prestado ao ser utilizada. A unidade funcional é uma medida da função de uma inovação, permitindo que o desempenho ambiental seja avaliado com base em uma medida padrão de referência. O fluxo de referência é a quantidade de produto necessária em cada etapa do ciclo de vida para atender a unidade funcional. Exemplificando, tecnologias Agroindustriais podem ter como função aumentar a produção

agrícola, conservar ou recuperar recursos naturais, aumentar a vida de prateleira de alimentos, aproveitar resíduos gerando novos produtos, ofertar novos produtos ou insumos agroindustriais, aumentar o teor nutritivo de alimentos ou reduzir os riscos de contaminação de alimentos. Tecnologias que possuem mesma função podem ser comparadas com a definição de uma unidade funcional, ou seja, uma medida que quantifique sua função. Uma máquina extratora de água de coco verde, por exemplo, tem como função extrair água de coco e, em um estudo de ACV, pode-se utilizar a seguinte unidade funcional para realização dos levantamentos de dados: abertura de 300 cocos por minuto. Para essa unidade funcional, deve-se verificar a quantidade de coco verde necessária e quantidade de coqueiros necessários em um ciclo de produção, informações que integram o fluxo de referência;

- as fronteiras do sistema de avaliação, identificando-se inicialmente a cadeia produtiva na qual os fluxos de fabricação de um produto ocorrem e, definindo-se as etapas dessa cadeia, acrescidas das etapas de consumo e pós-consumo que serão incluídas no estudo;
- os aspectos e impactos ambientais que serão contemplados no estudo;
- os requisitos de qualidade dos dados relacionados à cobertura temporal, geográfica e tecnológica dos processos elementares em estudo, e;
- a metodologia de avaliação de impacto e interpretação dos dados.

Condução do inventário das substâncias com potencial de impactar o meio ambiente

Na realização do inventário, são levantadas todas as entradas e saídas dos processos relacionados a determinado produto, em cada etapa do ciclo de vida, resultando em um levantamento quantitativo de matérias-primas, energia, insumos e emissões geradas. Todos os elementos ou indicadores ambientais integrantes do inventário são somados, gerando totais de retirada de recursos naturais e de emissões (REBITZER *et al.*, 2004).

Visando facilitar o inventário de entradas e saídas ao longo do ciclo de vida de produtos, foram desenvolvidos bancos de dados para países europeus e outros, contendo essas informações para vários processos relacionados à produção de energia e matérias-primas, além de serviços, como transporte e distribuição de energia. Esses bancos de dados estão comumente associados a softwares comerciais que auxiliam a organização dos dados e a avaliação de impactos. Exemplos de banco de dados são o sueco SPINE e o suíço *ecoinvent*,

que contém dados sobre consumos e emissões relacionados à produção de diversos produtos agrícolas (REBITZER *et al.*, 2004).

Devido às especificidades das tecnologias de produção em uso em cada país, especialistas em ACV recomendam o desenvolvimento de bases de dados nacionais (HISCHIER *et al.*, 2007) para cada país. Em 2005, iniciaram-se no Brasil as discussões sobre a estruturação de uma base de dados brasileira para a prática da ACV. Em 2007, foi iniciado o primeiro inventário para a base de dados brasileira, relacionado à produção de energia (FERREIRA *et al.*, 2007).

Avaliação dos impactos a partir dos dados inventariados

Na avaliação de impactos ambientais, é realizada a classificação dos dados obtidos no inventário em categorias de impacto, a caracterização dos dados e a normalização das categorias para agregação dos dados em um índice final de impacto (Figura 13). A etapa de normalização não é obrigatória pela norma ISO 14042 (ABNT, 2004b).

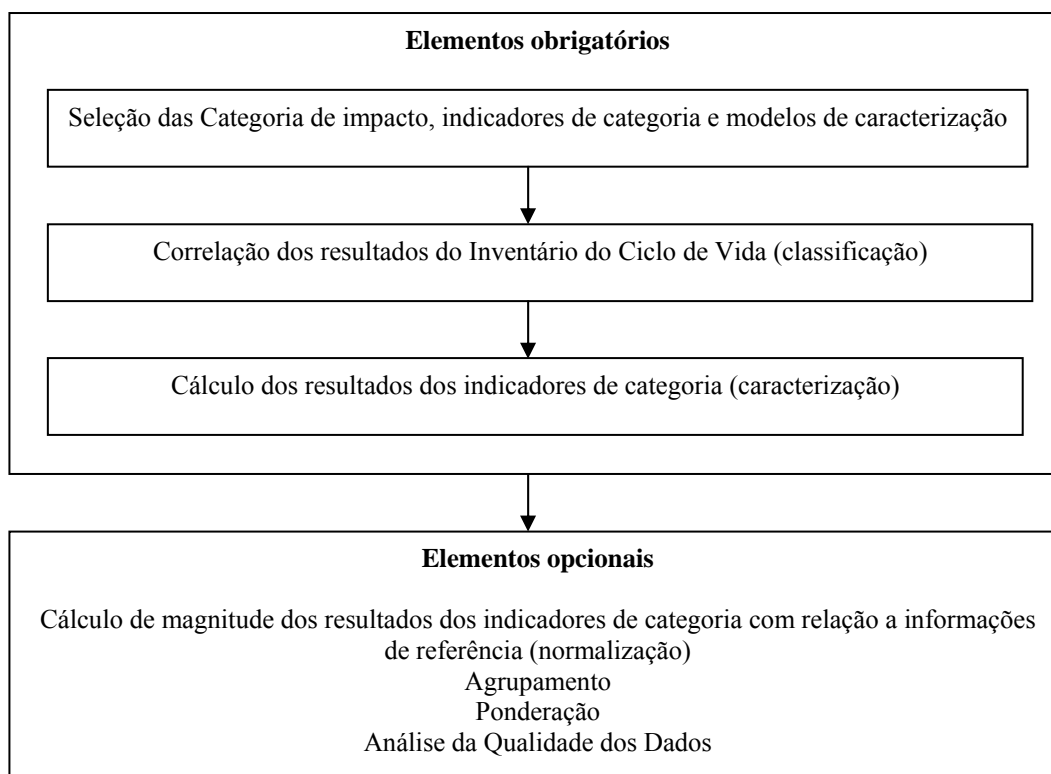


FIGURA 13 – Elementos da etapa de avaliação de impacto na ACV (ABNT, 2004b)

A classificação relaciona cada emissão ou consumo com uma ou várias categorias de impacto ambiental. Às entradas do inventário estão associadas as categorias de impactos de uso da terra e extração dos recursos naturais abióticos. Às saídas estão associadas as seguintes

categorias de impactos: mudança climática, depleção da camada de ozônio, toxidez (humana e ambiental), formação de foto-oxidantes, acidificação e eutrofização (REBITZER *et al.*, 2004; PENNINGTON *et al.*, 2004; UNEP, 2000).

Modelos de classificação e caracterização dos dados do inventário em categorias de impacto são utilizados para definir a importância de cada indicador na ocorrência de uma categoria. Como resultado da aplicação desses modelos, os indicadores de uma categoria são expressos em termos de uma substância de referência. Podem-se apontar inúmeros modelos na literatura para classificação e caracterização de uma mesma categoria de impactos. Pennington *et al.* (2004) levantaram uma vasta quantidade de métodos atualmente disponíveis, sendo os principais reunidos nos modelos Ecoindicator 99 (GOEDKOOP; SPRIENSMA, 2000), TRACI (BARE *et al.*, 2003), EPS 2000 (STEEN, 1999), Impact 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003) e EDIP 2003 (POTTING; HAUSCHILD, 2005). A Figura 14 apresenta um exemplo da caracterização para a categoria de impacto “acidificação”.

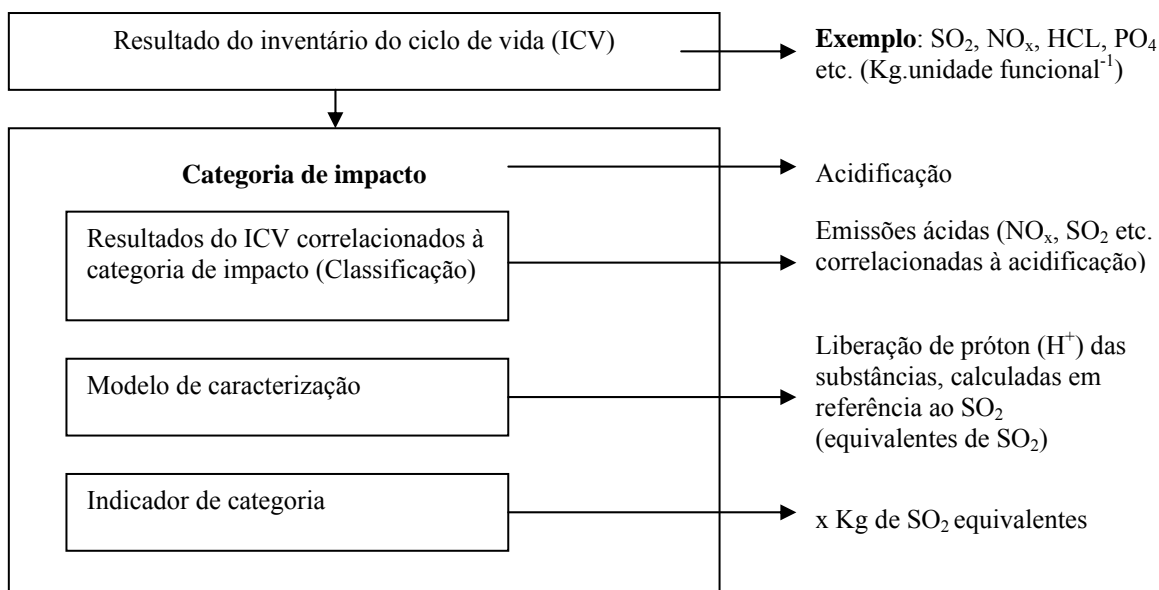


FIGURA 14 – Exemplo de caracterização

A maioria dos modelos de caracterização de categorias de impacto na ACV não considera as características espaciais dos locais onde ocorrem as emissões. A consideração das características locais é de especial interesse na avaliação das categorias de impactos cuja intensidade irá depender de características físicas, ecológicas e socioeconômicas do entorno das áreas de emissão e consumo de recursos naturais em uma ACV, quais sejam: uso da terra, acidificação, eutrofização e toxicidade (humana e regional). Potting *et al.* (1998) e Nigge

(2000) têm buscado estabelecer fatores de caracterização regionais para os diferentes países da Europa, que consideram as características regionais das categorias acidificação e eutrofização. O modelo TRACI (BARE *et al.*, 2003) oferece fatores regionais de caracterização, relativos a cada Estado americano, para as categorias de impacto eutrofização, acidificação e uso da terra. O modelo EDIP 2003 (POTTING; HAUSCHILD, 2005) oferece fatores de caracterização para cada país Europeu, na avaliação das categorias de impacto eutrofização, acidificação, toxicidade humana e ecotoxicidade. Os modelos Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000), EPS 2000 (STEEN, 1999) e IMPACT 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003) não utilizam fatores regionais de caracterização na avaliação de impactos.

A categoria de impacto “uso da terra” é de especial interesse para as atividades agropecuária, agroflorestral, de mineração e de construção civil. De acordo com Canals *et al.* (2007), essa categoria de impacto está relacionada a avaliações sobre a perda da biodiversidade, pela ocupação e transformação de uma área, e a redução da qualidade físico-química do solo, pela ocorrência de processos erosivos, de compactação, salinização e de redução da fertilidade do solo. Alguns modelos foram desenvolvidos para avaliação de impacto sobre o uso da terra que consideram a qualidade física, química e biológica do solo, sendo alguns dos indicadores ambientais propostos para essa avaliação: massa de solo erodida, teor de matéria orgânica, estrutura do solo, pH do solo, acumulação de metais pesados e teor de fósforo e potássio (COWELL; CLIFT, 2000, CANALS; ROMANYÀ; COWELL, 2006 e MATTSON; CEDERBERG; BLIX, 2000). Outro conjunto de indicadores foi desenvolvido para avaliação da perda da biodiversidade, sendo propostos indicadores que consideram um ou mais dos seguintes fatores: a área ocupada ou transformada, a riqueza das espécies do local, riqueza de espécies da região de entorno, número de espécies ameaçadas de extinção, tempo necessário para recuperação da área para um tipo de ecossistema próximo ao anterior à ocupação ou transformação da área (LINDEIJER; 2000, WEIDEMA; LINDEIJER; 2001 e KOELLNER; SCHOLZ, 2007). Os modelos clássicos de avaliação de impacto em ACV, como o Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000), o TRACI (BARE *et al.*, 2003), o EPS 2000 (STEEN, 1999) e o IMPACT 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003) avaliam o impacto sobre o uso da terra considerando apenas indicadores relacionados à biodiversidade. A Tabela 7 apresenta as categorias de avaliação de impacto consideradas pelos modelos de ACV descritos.

TABELA 7 – Categorias de impacto ambiental consideradas pelos principais modelos de avaliação de ACV

		TRACI	EDIPE 2003	ECOINDICATOR 99	IMPACT 2002+	EPS 2000	
Emissões	Mudança Climática	x	x	x	x		
	Depleção da Camada de Ozônio	x	x	x	x		
	Toxicidade Humana	x	x	x	x	x	
	Formação foto oxidante	x	x	x	x		
	Poluição sonora		x	x	x	x	
	Acidificação	x	x	x	x	x	
	Eutrofização	x	x	x	x		
	Ecotoxicidade	x	x	x	x	x	
	Uso de Recursos Naturais	Uso da Terra*	x		x	x	x
		Uso de energia fóssil	x		x	x	x
Extração de recursos minerais		x		x	x	x	
Uso da água						x	

* Uso da Terra está relacionado a indicadores de biodiversidade que levam em conta um ou mais dos seguintes aspectos: riqueza de espécies, espécies ameaçadas de extinção e tempo de ocupação e regeneração do ecossistema.

Normalização e agregação das categorias de impacto em um índice final

Com vistas a agregar os resultados obtidos em cada categoria de impacto em um índice final de impacto, os valores relacionados a essas categorias são normalizados em um valor de referência, utilizando-se fatores de conversão baseados em modelos ajustados às condições ambientais européias, americanas ou japonesas. A normalização dos dados é usualmente feita comparando-se os valores das categorias de impacto obtidos na avaliação de um produto com valores típicos de determinadas regiões (SOUZA, SOARES, SOUSA, 2007; SOUSA, SOARES, SOUZA, 2007). O índice final de impacto é obtido pela atribuição de pesos às diversas categorias de impacto e agregação dos dados. A Figura 15 mostra o modelo geral utilizado pela ACV na avaliação de impactos ambientais.

Alguns métodos de avaliação de impacto, como o Eco-indicator 99 (GOEDKOOP, SPRIENSMA, 2000), o EPS 2000 (STEEN, 1999) e o IMPACT 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003), buscam relacionar as categorias de impacto a impactos ambientais

fnais, como dano à saúde humana, dano à qualidade dos ecossistemas, à biodiversidade e danos às reservas de recursos minerais. Essas avaliações são criticadas por serem mais subjetivas, podendo ser significativamente diferentes da realidade, devido às suposições e limitações dos modelos (UNEP, 2000).

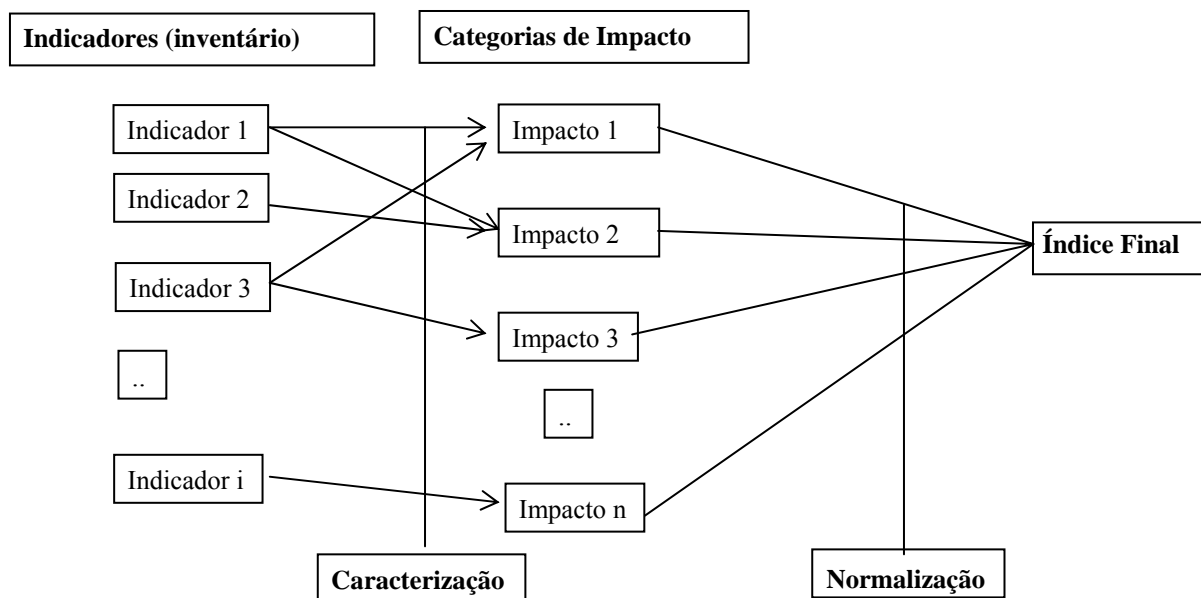


FIGURA 15 – Modelo geral de avaliação de impactos na ACV

As bases de dados que auxiliam na realização de inventários (ex: ecoinvent, SPINE), os modelos de avaliação de impacto comentados (Ecoindicator 99, IMPACT 2002+, EPS 2000, EDIP 2003 e TRACI) e outros estão inseridos em softwares comerciais que auxiliam na estruturação de estudos ACV, podendo-se citar o SimaPro, Umberto, GaBi, PEMS, Emis e Regis (FRISCHKNECHT, 2005).

Fontes de erro em ACV

As variações nos resultados de uma análise de ACV se devem principalmente às variações nos valores inventariados para cada substância, às variações nos fatores de caracterização que associam uma substância a uma categoria de impacto pela escolha de uma substância equivalente e a escolha dos modelos de avaliação de impacto (GOEDKOOOP, SPRIENSMA, 2000). Algumas bases de dados que auxiliam na realização de inventários, como o ecoinvent (FRISCHKNECHT *et al.*, 2005), disponibilizam valores médios e desvios para as substâncias inventariadas. Os modelos de avaliação de impacto Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP, SPRIENSMA, 2000) e EPS 2000 (STEEN, 1999) também fornecem valores médios e desvios padrões geométricos para os fatores de caracterização utilizados e análise de

incerteza, sendo assumida uma distribuição lognormal para cada substância. O modelo IMPACT 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003) aponta fontes de incerteza nos modelos adotados mas não fornece desvios para os fatores de caracterização utilizados. Os modelos TRACI (BARE *et al.*, 2003) e EDIP 2003 (POTTING; HAUSCHILD, 2005) também não fornecem variações para os fatores de caracterização utilizados em seus métodos de avaliação de impacto. Alguns softwares comerciais que auxiliam no desenvolvimento de estudos ACV, como o GaBi e o SimaPro, possibilitam a realização de simulações com método Monte Carlo considerando os desvio padrões relacionados aos dados de inventário e aos fatores de caracterização utilizados nas avaliações de impacto ambiental.

2.5.2.3 Oportunidades e limitações da avaliação do ciclo de vida

Realizando-se uma análise dos pontos fortes e fracos inerentes à ACV, pode-se concluir que:

- o conceito de ciclo de vida permite expandir a avaliação de desempenho ambiental de inovações agroindustriais para além do local onde a inovação é adotada, abrangendo toda uma cadeia de consumo e pós-consumo por ela modificada;
- a metodologia de avaliação de impactos da ACV atualmente disponível e a escassez de bases de dados brasileiras restringem o uso dessa ferramenta na avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais, uma vez que não considera a vulnerabilidade das regiões brasileiras na avaliação, não integra aspectos socioeconômicos aos aspectos ecológicos e não considera categorias de impacto de especial interesse para a agroindústria.

Em 2000, o Programa de Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas (*United Nations Environmental Programme* – UNEP) lançou a Iniciativa para o Ciclo de Vida (MALTBY, 2002) com o intuito de promover o conceito do ciclo de vida em diferentes organizações públicas, civis e industriais. Uma das linhas de ação dessa iniciativa é fomentar o debate sobre ferramentas ou metodologias que venham a contribuir para a gestão do ciclo de vida (*Life Cycle Management* – LCM) de produtos em instituições. Segundo Jensen e Remmen (2006), essa gestão requer o desenvolvimento de novos métodos que melhor atendam aos interesses e realidade de cada instituição.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com vistas a atender aos objetivos da pesquisa, foram estabelecidos procedimentos para expansão do Sistema Ambitec-Agro e para sua aplicação. A Figura 16 mostra o passo a passo do trabalho de pesquisa.

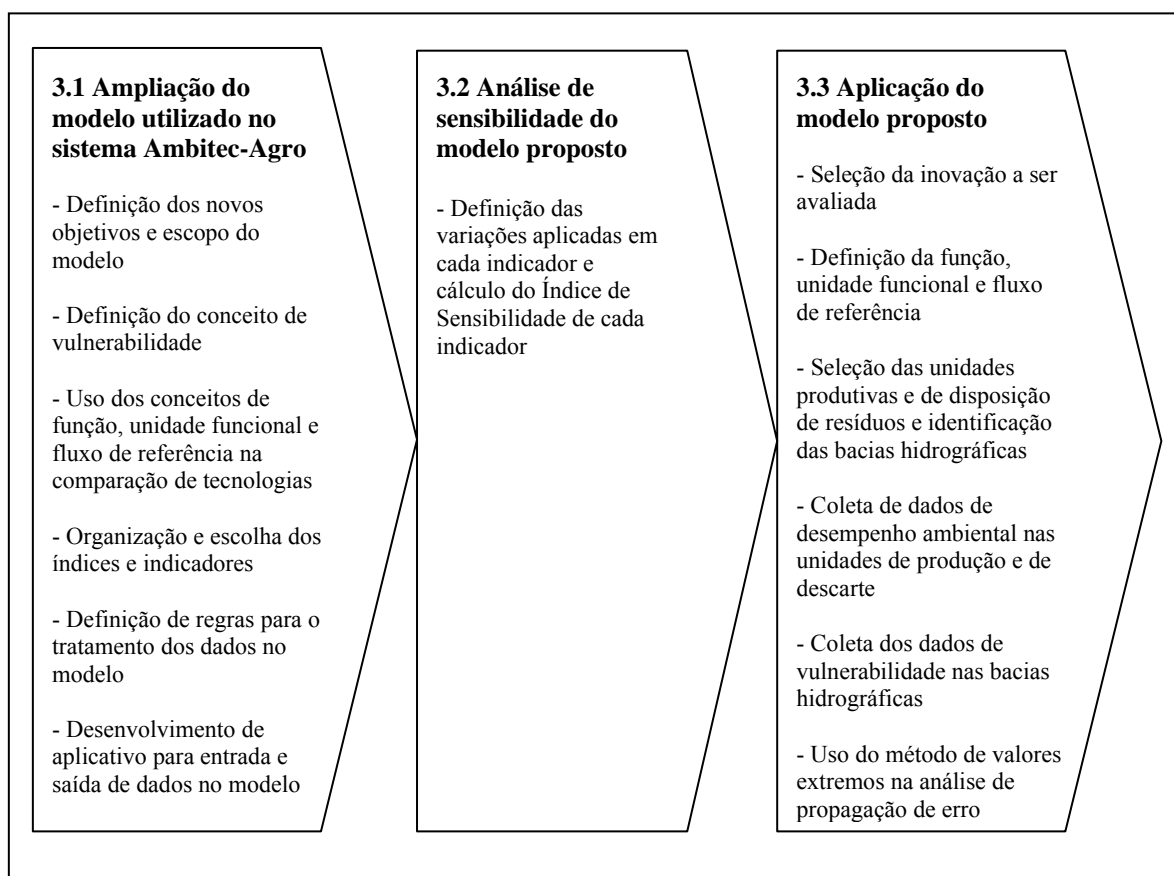


FIGURA 16 – Etapas do trabalho de pesquisa

3.1 Ampliação do modelo conceitual do Sistema Ambitec-Agro, inserindo os conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental

3.1.1 Definição dos novos objetivos e escopo do modelo

Para expansão do sistema Ambitec-Agro, foi utilizado o modelo de estruturação de uma análise multicritério proposto por Malczewski (1999) que parte da definição do problema que a análise irá abordar, identificando-se o objetivo e o escopo da avaliação (local em que a análise se dará e o tempo utilizado para o estudo). O problema em estudo é a necessidade de expansão do escopo de avaliação ambiental do Sistema Ambitec-Agro, considerando-se o ciclo de vida da inovação e a vulnerabilidade dos ambientes que abrigam cada etapa desse ciclo.

Busca-se expandir o Sistema Ambitec-Agro para análise de questões relacionadas à agricultura e agroindústria (módulos Ambitec- Agricultura e Agroindústria). De acordo com o revisão da literatura realizada, essas questões abrangeram: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez hídrica, poluição hídrica, mudança climática, depleção de recursos não renováveis e contaminação de alimentos pelo uso de aditivos.

Inseriram-se também na avaliação, outras etapas do ciclo de vida de uma inovação, além da etapa onde a mesma é utilizada, assim como o estudo da vulnerabilidade ambiental dos locais onde cada etapa ocorre. A definição das etapas do ciclo de vida tomou como referência as normas NBR ISO 14040 e 14041 de Avaliação do Ciclo de Vida, assim como se considerou a necessidade de manter a complexidade da avaliação em um nível compatível com a disponibilidade de recursos humanos e financeiros necessários ao levantamento e avaliação dos dados. Propõe-se analisar quatro etapas do ciclo de vida de uma inovação e da tecnologia existente de comparação: **produção da matéria-prima** utilizada por uma tecnologia; **produção da tecnologia**; **uso da tecnologia**, e; **descarte final** da tecnologia.

O tempo de avaliação utilizado foi o necessário à transformação de matérias-primas em produtos, em cada etapa do ciclo de vida da inovação.

3.1.2 Definição do conceito de vulnerabilidade

A análise de vulnerabilidade proposta considera a vulnerabilidade de um sistema à degradação ambiental proveniente de pressões associadas à adoção de inovações agroindustriais. O termo degradação ambiental se refere às questões ambientais relacionadas à atividade agroindustrial, já mencionadas. Para inserção da vulnerabilidade ambiental na análise de desempenho ambiental de uma inovação, adotou-se um conceito de vulnerabilidade, baseado em Adger (2006), e definiu-se o espaço de avaliação da vulnerabilidade, pela escolha de um sistema ambiental de estudo.

Entende-se por vulnerabilidade ambiental a susceptibilidade de um sistema a degradação ambiental, sendo avaliada considerando-se:

- a exposição do sistema às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema;
- a sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico (tipo de solo, clima, vegetação etc.) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões;
- a capacidade de resposta do meio, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas.

Quanto maior a exposição a pressões, maior a sensibilidade e menor a capacidade de resposta de um sistema, tanto maior a sua vulnerabilidade ambiental.

O espaço delimitado por uma bacia hidrográfica foi utilizado como o sistema ambiental de análise da vulnerabilidade às pressões exercidas pelas inovações tecnológicas. Bacias hidrográficas já são objeto de estudo em avaliações de impactos ambientais baseadas na Resolução CONAMA N° 1, de 1986. As bacias hidrográficas objeto de estudo foram aquelas que abrigaram uma dada etapa do ciclo de vida de uma inovação ou da tecnologia existente utilizada no estudo comparativo de desempenho ambiental, classificadas como estaduais e delimitadas pelas agências estaduais gestoras de recursos hídricos e pela Agência Nacional de Águas – ANA para todos os estados brasileiros. Nessas bacias já existe uma base de dados sobre aspectos relacionados aos recursos hídricos.

3.1.3 Uso dos conceitos de função, unidade funcional e fluxo de referência na comparação de tecnologias

A avaliação de desempenho de uma inovação continua sendo comparativa, como no Sistema Ambitec-Agro, tomando-se como padrão de comparação outra(s) tecnologia(s) existente(s) que presta(m) o mesmo ou similar serviço. Entretanto, inseriu-se na avaliação comparativa, o conceito de unidade funcional, que requer a quantificação do serviço prestado pelas tecnologias comparadas, de forma a garantir bases iguais de comparação. Utilizaram-se as definições das normas ISO 14040 e 14041 que explicam a função de um produto, como suas características de desempenho ao ser utilizado no mercado, a unidade funcional, como a quantificação da função, ou seja, como a medida comum para levantamento das entradas e saídas de um processo que gera ao final o produto em estudo e como fluxo de referência, a medida das saídas necessárias de processos que integram as etapas do ciclo de vida consideradas no estudo de um produto.

3.1.4 Organização e escolha dos índices e indicadores

Na escolha dos indicadores do modelo, avaliou-se quais princípios de desempenho ambiental deveriam ser contemplados, quais critérios relacionavam-se a esses princípios, buscando-se, em seguida, a identificação de indicadores quantificáveis capazes de mensurar o desempenho. Ao final, construiu-se uma hierarquia entre princípios, critérios e indicadores.

Foi utilizada como base a estrutura hierárquica adotada no Sistema Ambitec-Agro, sendo a estrutura ampliada para abranger todas as etapas do ciclo de vida da inovação (Figura 17). Assim, os valores atribuídos aos indicadores de desempenho ambiental em cada etapa da avaliação são agregados em critérios e princípios para formação do índice de desempenho ambiental final da avaliação.

Os princípios de desempenho ambiental utilizados foram os mesmos do Sistema Ambitec-Agro, sendo ampliada sua abrangência, contemplando-se outros princípios de ecoeficiência (GIANNETTI; ALMEIDA, 2006 e SONEMANN; CASTELLS; SCHUHMACHER, 2004):

- eficiência tecnológica, buscando-se uma redução no consumo total de materiais, insumos (água, energia e combustíveis) e área. Busca-se também reduzir o uso de recursos não renováveis, virgens e perigosos;
- conservação das características naturais do solo, da água, do ar e a da biota, pela redução de emissões de poluentes, do desmatamento e de ações que acarretam a redução da biodiversidade, assim como pela adoção de ações de recuperação ambiental;
- qualidade do produto, buscando-se maior durabilidade, além de reduzir o uso de aditivos, no caso de alimentos, com potencial de dano à saúde humana.

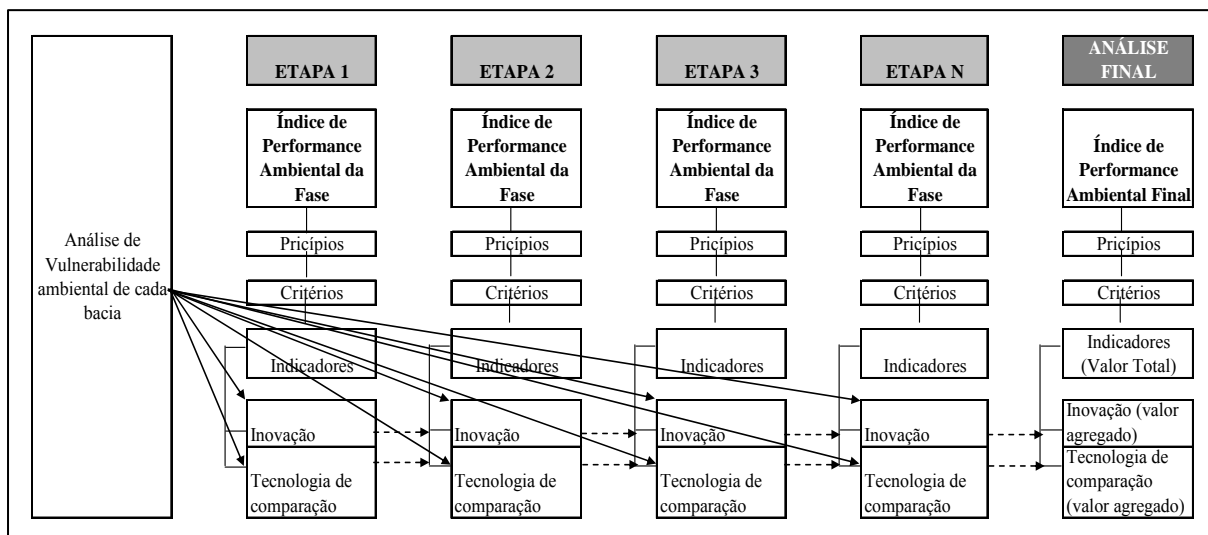


FIGURA 17 – Estrutura hierárquica de organização dos indicadores ambientais ao longo do ciclo de vida

Para escolha dos critérios e indicadores, os princípios de desempenho ambiental foram confrontados com as questões ambientais pertinentes à atividade agroindustrial (Tabela 4), analisando-se as fontes de pressão e de redução dos impactos ambientais. Na escolha dos indicadores, consideraram-se sua relevância, fundamentação teórica e mensurabilidade, de acordo com OECD (1993), além da relação de indicadores utilizada no Sistema Ambitec-Agro. Foi observado que algumas questões ambientais eram próprias de atividades agrícolas, outras de atividades agroindustriais, e outras, ainda, de atividades de descarte de resíduos, o que levou à identificação de indicadores gerais e de outros específicos a cada uma dessas atividades.

Na análise da vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas onde cada etapa do ciclo de vida ocorre, a estrutura hierárquica utilizada organiza os indicadores em critérios de vulnerabilidade e esses no índice final de vulnerabilidade da bacia (Figura 18).

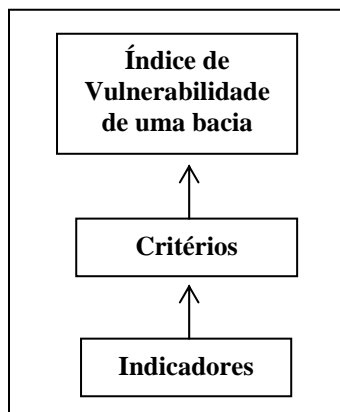


FIGURA 18 – Estrutura hierárquica de organização dos indicadores de vulnerabilidade ambiental

A escolha dos indicadores de vulnerabilidade considerou que a vulnerabilidade de um sistema ambiental está relacionada a três critérios: “exposição” do meio a pressões ambientais, “sensibilidade” do meio às pressões exercidas e “capacidade de resposta” da sociedade para redução das pressões. Os indicadores de vulnerabilidade ambiental foram escolhidos a partir da revisão das principais questões ambientais associadas à atividade agroindustrial que são objeto da análise de desempenho de tecnologias, realizada na revisão da literatura (Tabela 4). Para cada questão ambiental, foram considerados os principais agentes causadores de pressão ambiental, aspectos do meio físico e biótico que refletem a sensibilidade do meio às pressões exercidas e ações de gestão ambiental capazes de reduzir ou mitigar esses impactos em nível de uma bacia hidrográfica. Na escolha dos indicadores, considerou-se ainda a relevância, fundamentação teórica e mensurabilidade dos indicadores (OECD, 1993), assim como a disponibilidade de dados nas bases de dados disponíveis e livremente acessíveis para o território nacional.

3.1.5 Definição de regras para o tratamento dos dados no modelo

No modelo proposto, foram estabelecidos três conjuntos de regras: para obtenção do índice de vulnerabilidade de cada bacia hidrográfica integrante do estudo; para obtenção do índice de desempenho ambiental de tecnologias numa etapa da avaliação do ciclo de vida, considerando a vulnerabilidade ambiental e; para obtenção do índice final de desempenho ambiental de tecnologias ao longo do ciclo de vida.

As regras estabelecem normas para o processamento dos dados no modelo, servindo para ajuste de valores atribuídos a indicadores, para normalização dos dados em uma escala adimensional, para atribuição de pesos aos indicadores e para agregação dos indicadores em índices. As regras referentes a normalização de indicadores tomaram como referência os métodos de transformação linear propostos por Malczewski (1999). Optou-se pela agregação linear utilizada por Malczewski (1999), Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003), Hardi e Semple (2000) e Prescott-Allen (1997), atribuindo-se pesos iguais para indicadores relacionados a um dado índice intermediário (critérios e princípios) e para os índices intermediários atrelados a um índice final.

3.1.6 Desenvolvimento de aplicativo para entrada e saída de dados do modelo

Os dados de desempenho ambiental coletados foram processados em planilhas eletrônicas criadas no Excel, com vistas a facilitar a aplicação do modelo. As planilhas utilizaram como entrada de dados:

- o valor da vulnerabilidade das bacias em estudo;
- as quantidades de produtos necessárias ao atendimento da unidade funcional estabelecida em cada etapa do ciclo de vida das tecnologias;
- as quantidade de produtos sobre as quais os levantamentos dos indicadores foram realizados em cada unidade produtiva ou de disposição de resíduos;
- os valores atribuídos aos indicadores em cada unidade produtiva ou de disposição de resíduos.

Os dados de entrada foram processados pelas planilhas programadas para realizarem as seguintes ações:

- ajuste dos valores de indicadores à unidade funcional estabelecida;
- ponderação pela vulnerabilidade ambiental de uma bacia hidrográfica;
- normalização de indicadores e índices em uma escala única de desempenho ambiental;
- agregação de indicadores em índices;
- geração de gráficos de desempenho ambiental.

Os valores dos indicadores de vulnerabilidade ambiental foram normalizados e agregados também utilizando planilhas do Excel, obtendo-se o índice de vulnerabilidade ambiental de uma bacia.

3.2 Análise de sensibilidade do modelo Ambitec-Ciclo de Vida

Essa análise auxiliou na compreensão de como o resultado de uma análise varia de acordo com as variações nos valores ou pesos atribuídos aos indicadores e na identificação de erros no modelo. Para tanto, foi criado um exemplo do modelo com cada um dos indicadores propostos assumindo valores iguais ou maiores que zero. Observou-se a variação percentual nos índices de desempenho ambiental final da inovação e da tecnologia existente, resultante da variação para zero ou de zero para um valor maior, para $\pm 10\%$ e para $\pm 50\%$ no valor de cada indicador relativo à inovação, mantendo-se fixo o valor da tecnologia existente para o indicador em questão e os valores dos demais indicadores do modelo. Para cada variação efetuada no valor de um indicador relativo à inovação, foram calculados os índices de sensibilidade desse indicador para a inovação e para a tecnologia existente. De acordo com Jorgensen (1994), esse índice é obtido pela divisão da variação percentual do índice de desempenho ambiental final pela variação percentual do valor atribuído ao indicador.

A planilha de sensibilidade utilizada permitiu a correção de erros no modelo, tendo sido executada a avaliação até que houvesse coerência entre as regras utilizadas no modelo e os resultados obtidos.

3.3 Aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida

O modelo proposto foi aplicado na avaliação de uma inovação de produto. A seguir, está descrito como foram realizadas a seleção da inovação e da tecnologia de comparação, a seleção das unidades produtivas e de descarte de resíduos relacionadas às etapas do ciclo de vida das tecnologias e a coleta dos dados.

3.3.1 Seleção da inovação e da tecnologia de comparação

Como as inovações de produto envolvem inovações de processos, ao se avaliar novos produtos também se está aplicando a ferramenta a diferentes processos. Assim, foi selecionada uma inovação de produto, dentre as disponíveis no banco de dados de inovações da EMBRAPA Agroindústria Tropical, por ser considerada de grande impacto no setor agroindustrial: o “substrato de coco verde” (SCV). Esse produto é obtido a partir do processamento da casca de coco verde, um problemático resíduo resultante do consumo industrial e “in natura” da água de coco verde (ROSA *et al.*, 2002).

A escolha da tecnologia existente de comparação dos dados foi realizada em entrevista junto à equipe de desenvolvimento e transferência da inovação, buscando-se uma tecnologia que desempenhasse a mesma função e tivesse características físicas e físico-químicas semelhantes às da inovação, sendo um produto substituto à inovação no mercado. A tecnologia existente escolhida na avaliação comparativa de desempenho ambiental proposta foi o “substrato de coco seco” (SCS).

3.3.2 Definição da função, unidade funcional e fluxo de referência

Para identificar a função do SCV no agronegócio e de sua unidade funcional, foi realizada pesquisa na literatura sobre SCV, além de entrevistas aos pesquisadores e equipe de transferência de tecnologia da EMBRAPA Agroindústria Tropical responsável pelo desenvolvimento da tecnologia, visando identificar o principal uso do SCV.

Definida a unidade funcional, calculou-se o fluxo de referência, ou seja, avaliaram-se as necessidades de matéria-prima (cascas de coco verde e seco) e produto (SCV e SCS) para atender a unidade estabelecida, possibilitando que a cada etapa do ciclo de vida, os valores dos indicadores fossem ajustados a essas medidas. As necessidades de matéria-prima e produto foram determinadas com a realização de um balanço de massa nas unidades produtivas escolhidas nesse estudo para conhecimento desses valores.

Realizaram-se balanços de massas nas unidades produtivas, com três repetições, para o levantamento das quantidades de produto, resíduos e energia referentes a uma massa conhecida de matéria-prima. O valor atribuído aos indicadores foi a média aritmética obtida

em três coletas. Atribuiu-se a uma dada massa de produto, toda a massa de matéria-prima, volume de água, quantidade de energia e massa de resíduos gerada no processo.

3.3.3 Seleção das unidades produtivas e de disposição final e identificação das bacias hidrográficas

A avaliação de desempenho ambiental proposta, ao longo do ciclo de vida de uma inovação, requereu a visita a unidades produtivas representantes de cada etapa da avaliação. Nessas unidades, foi conduzido o levantamento dos dados referentes aos indicadores de desempenho ambiental estabelecidos.

As unidades produtivas analisadas foram escolhidas considerando-se os seguintes critérios: volume de produção, para refletir a representatividade do processo produtivo empregado pela empresa na etapa do ciclo de vida do produto, além da aceitação da empresa para realização dos levantamentos de dados.

Para identificação das bacias hidrográficas onde cada unidade produtiva ou de descarte, integrante da análise do ciclo de vida dos SCV e SCS, foram levantadas as coordenadas geográficas dessas unidades pelo uso de GPS (*Global Positioning System*) e posicionadas no mapa contendo a delimitação das bacias hidrográficas estaduais da ANA (2006), utilizando-se o software ArcView 9.0.

A Tabela 8 apresenta as unidades produtivas e de descarte onde foram realizados a coleta de dados de desempenho ambiental, assim como as bacias hidrográficas onde cada unidade está inserida. Nessas bacias foram coletados os dados de vulnerabilidade ambiental, conforme descrito no item “3.3.5 Coleta dos dados de vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas”.

TABELA 8 – Unidades de Produção e de Descarte visitadas e suas respectivas bacias hidrográficas

		ETAPA 3 - Uso				
		ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3a - Uso na produção de mudas	ETAPA 3b - Uso na produção de rosas	ETAPA 4 - Descarte final
Substrato de coco verde (SCV)	Unidade de Produção ou descarte visitada	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Bacia Hidrográfica para avaliação da vulnerabilidade	Metropolitana (CE)	Metropolitana (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
Substrato de coco seco (SCS)	Unidade de Produção ou descarte visitada	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	Produção do SCS - Recicasco	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Bacia Hidrográfica para avaliação da vulnerabilidade	Litoral (CE)	Baixo Mundaú (AL)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)

3.3.4 Coleta dos dados de desempenho ambiental nas unidades de produção e descarte

O levantamento dos dados em unidades industriais, agrícolas e de disposição de resíduos ocorreu mediante a aplicação de questionários (Apêndice A) junto aos responsáveis pelos estabelecimentos e realização de balanços de massa, conforme descrito no item “3.3.2 Definição da função, unidade funcional e fluxo de referência”.

Utilizou-se, nas medições, balança disponível na unidade de produção ou descarte, para as medidas de massa, hidrômetros padrão CAGECE para as medidas de volume de água e baldes calibrados para as medidas do volume de efluentes, além de cronômetro para as medidas de tempo.

Os efluentes líquidos foram coletados, conforme a sistemática descrita na *American Public Health Association* (APHA, 1998). Foram realizadas pelo menos três coletas dos efluentes, em dias diferentes. Cada coleta foi composta ao longo do dia ou período de lançamento do efluente. As análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias (LIAMAR) do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET/CE), seguindo os métodos apontados na Tabela 9.

TABELA 9 - Variáveis, metodologias analíticas e referências para análise de efluentes

Variáveis	Métodos	Referências
Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$ ou dS/m)	Condutivimétrico	
Sólidos Suspensos Totais - SST (mg/L)	Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro $0,45\mu\text{m}$ de porosidade – Secagem a 103°C – 105°C	
Óleos e Graxas -OG (mg/L)	Gravimétrico com extração em sohxlet com hexano	APHA <i>et al.</i> (1998)
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO ₅ (mg/L)	Frascos Padrões – Iodometria	
Demanda Química de Oxigênio - DQO (mg/L)	Digestão por refluxação fechada - Dicromatometria	
Fósforo Total - FT (mg/L)	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico	
Nitrogênio Total Kjeldahl – NTK (mg/L)	Espectrofotométrico – Digestão / Destilação em Macro-Kjeldahl seguida de Nesslerização Direta	APHA <i>et al.</i> (1989), APHA <i>et al.</i> (1998)

A seguir, serão detalhados os processos produtivos utilizados em cada unidade de produção ou disposição de resíduos analisada e as especificidades no levantamento dos dados nas unidades em estudo.

3.3.4.1 Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia – ASMOC

O ASMOC, em operação desde 1998, ocupa uma área total de 123 há, sendo 78,47 há a área destinada às células de disposição de resíduos (Figura 19). Cada célula possui, em média, 7.000 m^2 e comporta 230.000 t de lixo (Figura 20). Segundo informações da Ecofor – empresa responsável pela gestão dos resíduos sólidos urbanos de Fortaleza - fornecidas em 2007, em torno de 8% do lixo da cidade de Fortaleza, Ceará, é constituído de cascas de coco verde, representando, em média, 7.221 t por mês de casca de coco verde que são encaminhadas ao ASMOC.



FIGURA 19 – Entrada do ASMOC



FIGURA 20 – Célula para disposição do lixo, com canaletas para coleta do chorume

A Figura 21 mostra o fluxo das atividades que ocorrem no aterro. A casca de coco verde que chega ao aterro vem misturada com outros resíduos, sendo o lixo pesado e encaminhado às células de disposição em caminhões compactadores ou caçamba. Após ser despejado, um trator com rolo compactador distribui e compacta o lixo na área da célula, até formar uma camada de 60 a 80 cm de altura. Essa camada de lixo compactado é então revestida com 20 cm de solo argiloso, para evitar odores e proliferação de urubus e outros animais.

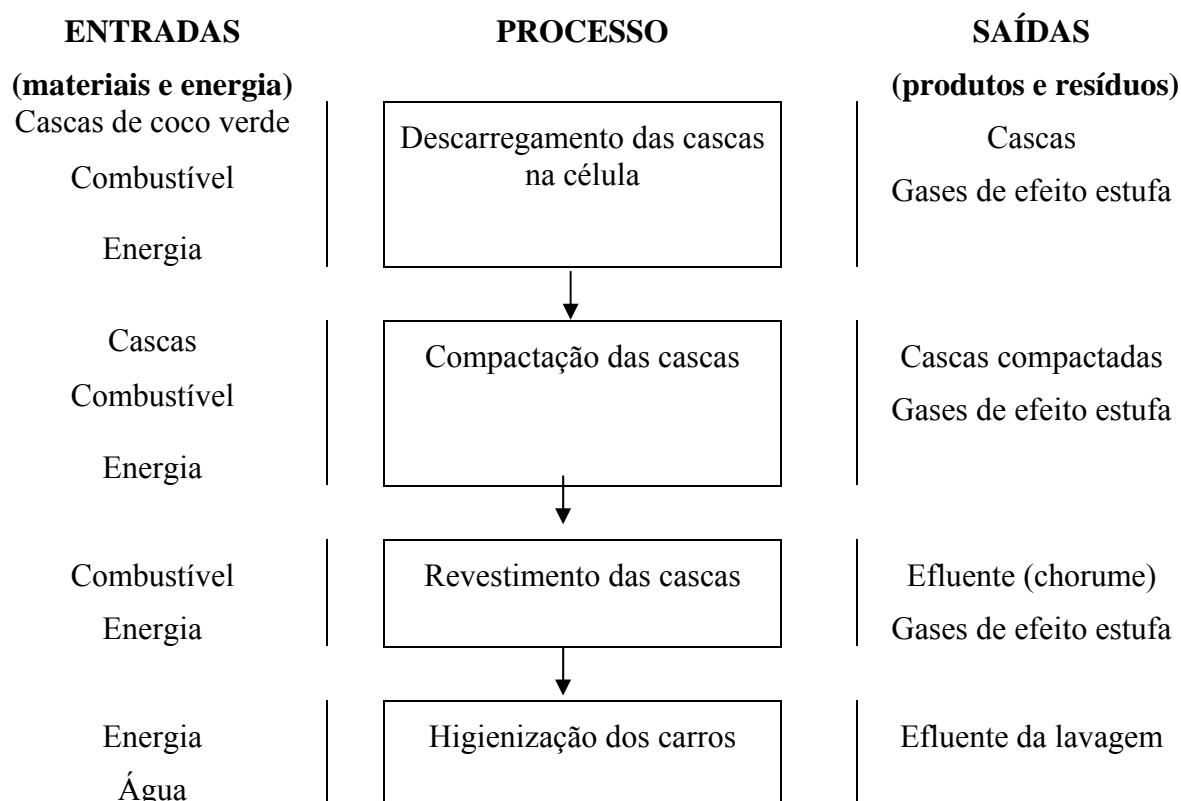


FIGURA 21 – Fluxograma do processo de disposição das cascas no ASMOC

Nessas etapas ocorre o consumo de combustível (diesel) utilizado em caminhões e tratores (Figura 22). A degradação anaeróbia da matéria orgânica acarreta a liberação de gases de efeito estufa que são coletados em tubos perfurados distribuídos ao longo das células de lixo, sendo o gás liberado no ar (Figura 23). A degradação anaeróbia de resíduos do coco e de outros resíduos orgânicos também acarreta a geração de um líquido, o chorume, com elevada carga poluente, que é coletado e encaminhado para tratamento em lagoas de estabilização (Figura 24). Ao final do dia, costuma-se lavar os equipamentos, etapa em que ocorre o consumo de água e geração de efluente. Como o ASMOC funciona 24 h todo dia, ocorre o consumo de energia elétrica na iluminação das células no período noturno (Figura 25).



FIGURA 22 – Trator compactando o lixo



FIGURA 23 – Drenos para coleta de gases



FIGURA 24 – Chorume coletado



FIGURA 25 – Iluminação da área de descarregamento de lixo

Os dados relativos à área necessária à disposição de uma dada massa de cascas de coco verde, ao consumo de energia, de combustível e de água foram fornecidos pela ECOFOR e são relativos à média observada em doze meses, no período de julho de 2006 a julho de 2007.

Não foi possível coletar o efluente gerado na lavagem dos equipamentos, sendo sua carga poluidora, entretanto, reduzida se comparada à do chorume. Utilizaram-se dados de literatura referente à produção e à característica do chorume do ASMOC, para quantificação da carga poluidora, de acordo com Capelo Neto e Castro (2005) e Rocha, Mota e Santos (2008).

3.3.4.2 Fazenda Lagoa das Mercês

A Fazenda Lagoa das Mercês, da empresa Ducoco, possui uma área de 1.700 ha, sendo uma das maiores fazendas produtoras de coco do Ceará, com 151.998 coqueiros da variedade híbrida, 28.000 da variedade gigante e 1.308 da variedade anão.

A Figura 26 mostra o fluxo das atividades relacionadas ao descarte das cascas e que foram investigadas. Na Fazenda, as cascas são obtidas com a retirada da amêndoa, utilizando equipamento manual na própria área de colheita (Figura 27). As cascas são então distribuídas manualmente entre os coqueiros, formando um tapete com, em média, 33 cascas/m² (Figura 28). Um trator com uma trincha passa sobre o tapete de cascas, triturando-as e, em seguida, uma grade incorpora o material triturado ao solo (Figuras 29 e 30). Nessas atividades ocorre consumo de combustível para os tratores.

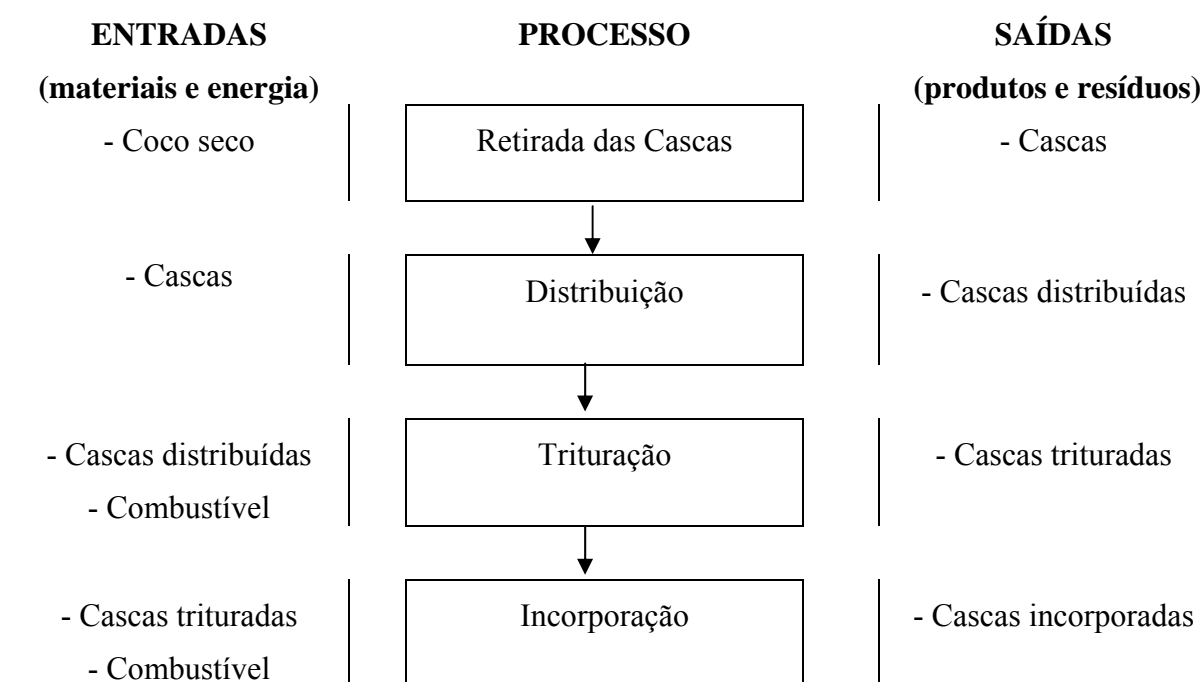


FIGURA 26 – Fluxograma da incorporação de cascas de coco seco ao solo



FIGURA 27 – Retirada da amêndoa no campo e descarte das cascas



FIGURA 28 – Cascas de coco seco distribuídas no coqueiral



FIGURA 29 – Cascas trituradas, após passagem de trator com trincha



FIGURA 30 – Cascas incorporadas ao solo, após passagem de trator com grade

A coleta de dados ocorreu em agosto de 2007. Os dados relativos à área necessária à disposição de uma dada massa de cascas de coco seco foram levantados em campo, em quatro tomadas, para obtenção do valor médio de cascas por área. O consumo de combustível foi fornecido pela gerência técnica da empresa e é relativo à média observada na atividade de trituração e incorporação de cascas de coco seco ao solo.

3.3.4.3 Cooperativa de Beneficiamento de Coco Verde do Jangurussu

A Cooperativa, inaugurada em 2004, foi a primeira unidade industrial brasileira a produzir SCV utilizando a tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA Agroindústria Tropical, com capacidade de produção de 2.185.803,96 kg de cascas de coco verde por ano.

Considerando os dados de geração de cascas de coco verde no Brasil, em 2007, do SINDCOCO (1.262.250.000 kg de casca de coco verde por ano) e que cerca de 3% do lixo orgânico urbano é reciclado no Brasil (CEMPRE, 2008), estima-se que a Cooperativa pode processar 6% da massa gerada de cascas de coco verde no país, quando funcionando 8h por dia, em todos os dias úteis do ano.

Os levantamentos realizados na Cooperativa ocorreram entre julho e setembro de 2007. O fluxograma do processamento das cascas de coco verde para produção de substrato está apresentado na Figura 31. Constaram das entradas apenas os materiais utilizados que compõem a massa do produto, água (processo e que integra o produto) e energia.

Inicialmente a casca de coco é selecionada, sendo descartadas cascas apodrecidas (Figura 32). O material selecionado passa, então, por um conjunto de máquinas responsável pela trituração das cascas, prensagem para retirada do excesso de umidade e separação das fibras e do pó (Figura 33). As máquinas foram fabricadas pela empresa Fortalmag, como resultado de trabalho de pesquisa desenvolvido em conjunto com a EMBRAPA Agroindústria Tropical, apresentando, durante o levantamento, uma capacidade média de produção de 1.034 cascas de coco verde/h. Como o coco verde é um fruto imaturo, com grande concentração de umidade, inclusive em sua casca, na prensagem é extraído um líquido denominado líquido da casca de coco verde (LCCV) (Figura 34). Ao longo da linha de produção cai do sistema de esteiras rotativas quantidades consideráveis de material no solo, que, embora sejam constituídos de fibra e pó, são descartados na unidade de produção visitada (Figura 35). O pó ainda úmido é empilhado para ser estabilizado ao longo de 120 dias, tempo em que sua temperatura deve subir aos 60 °C e baixar à temperatura ambiente (Figura 36 e 37). Depois de estabilizado, o pó é lavado para retirada dos sais, buscando-se baixar sua condutividade elétrica (Figura 38). Essa lavagem, que gera outro efluente diferente do LCCV, é conduzida, às vezes, utilizando água corrente e, às vezes, utilizando um volume de água igual ao volume do substrato. Na sequência do processo, o pó úmido é secado ao sol, embalado e vendido como substrato agrícola. O sistema de máquinas que permite a trituração, prensagem e separação do pó e da fibra é lavado após o término da produção, durante cerca de 30 min (Figura 39), utilizando-se baldes e mangueira.

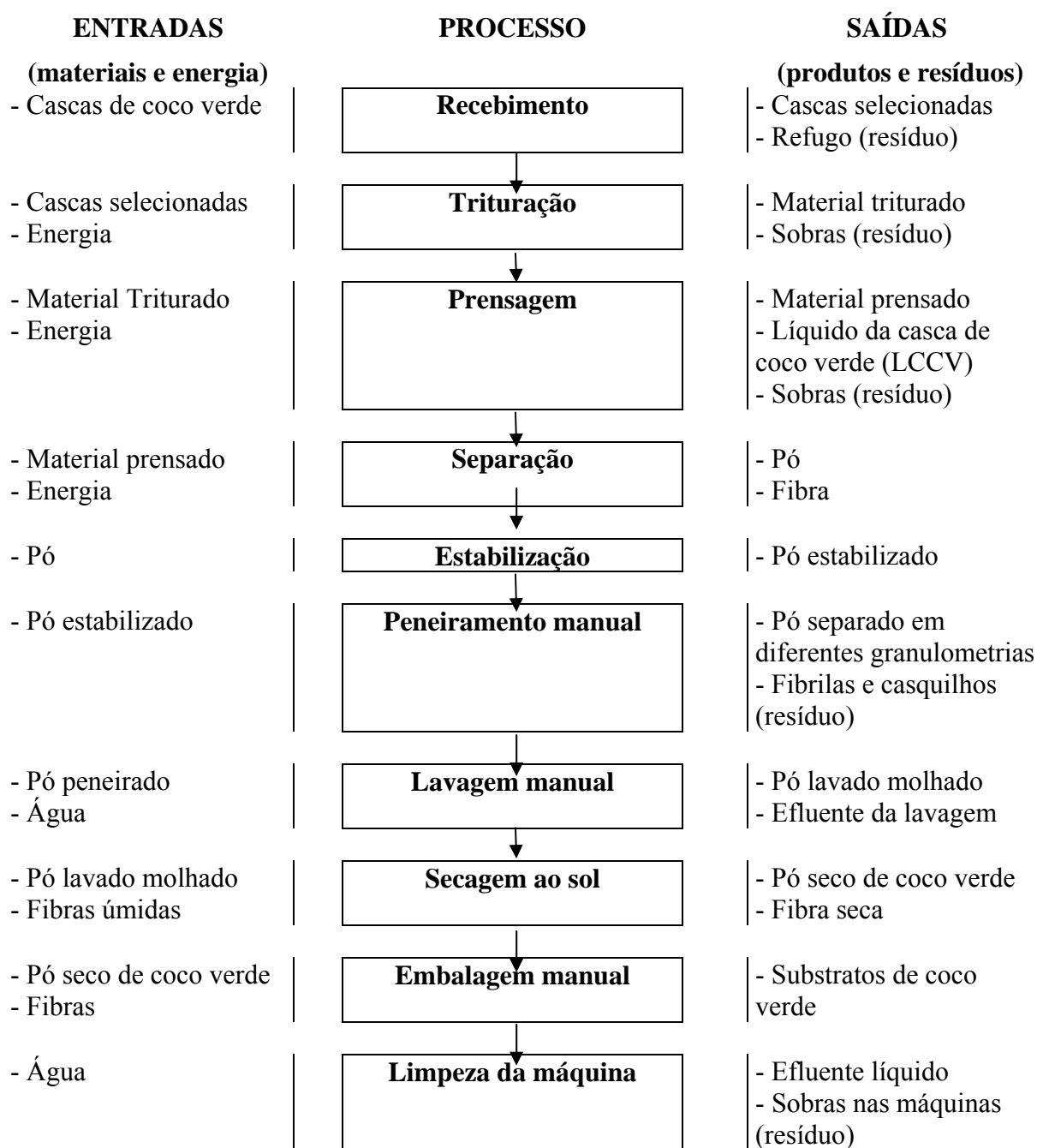


FIGURA 31 – Fluxograma do processamento da casca de coco verde



FIGURA 32 - Cascas de coco seco selecionadas para processamento



FIGURA 33 - Máquinas de processamento (trituração, prensagem, separação)



FIGURA 34 - Geração do LCCV



FIGURA 35 - Resíduos das esteiras



FIGURA 36 - Substrato retirado da máquina



FIGURA 37 - Substrato em pilha para estabilização



FIGURA 38 – Lavagem do substrato



FIGURA 39 – Lavagem da máquina

3.3.4.4 Recicasco

A Recicasco, operando desde 2002, é uma importante produtora de SCS. Considerando os dados de geração de casca de coco seco do SINDCOCO (452.466.000 kg por ano de casca de coco seco) e que cerca de 3% do lixo orgânico urbano nacional é reciclado (CEMPRE, 2008), estima-se que a Recicasco pode processar 22% da massa gerada de cascas de coco seco no país, quando funcionando 8 h por dia, em todos os dias úteis do ano.

O levantamento de dados ocorreu entre os meses de julho e agosto de 2007. O fluxograma do processamento da casca de coco seco está descrito na Figura 40. Os equipamentos responsáveis pela trituração, pelo peneiramento e pela lavagem do pó e das fibras de coco seco operavam com uma capacidade média de produção de 1.754 cocos/h (Figura 41).

Inicialmente, a casca de coco seco recebida alimenta um triturador (Figura 42), de onde saem pó com fibrilas e fibras longas, que ainda retém uma grande quantidade de pó. O pó com fibrilas é separado em uma peneira rotativa, sendo retiradas as fibrilas que são consideradas resíduo (Figuras 43). As fibras longas são lavadas, acarretando a separação das fibras do pó, que é carreado junto com o efluente (Figura 44). As partículas maiores de pó do efluente com fibrilas são retidas em uma peneira rotativa (Figura 45), enquanto o restante do efluente contendo partículas menores seguem para um tanque de decantação. O pó lavado

com fibrilas e seco ao sol (substrato de coco seco) é coletado e embalado. Esse pó foi utilizado no experimento que produziu mudas de rosas.

O efluente da lavagem permanece nos tanques por um período que varia de 24 a 48 horas. Após esse período, o material decantado é bombeado para o solo, que serve como um filtro para as partículas suspensas. Todo o material úmido (fibras lavadas, pó com fibrilas úmido, pó decantado) é exposto ao sol em pátios de secagem para redução da umidade (Figura 46). Após seco, o pó é peneirado para retirada das fibrilas que são consideradas resíduo na unidade de processamento visitada (Figura 47). O pó seco é misturado ou não com fibras, de acordo com a demanda, embalado e vendido como substrato agrícola. Ao longo do processo cai do sistema de esteiras rotativas material que é considerado resíduo (Figura 48). As máquinas não são lavadas.

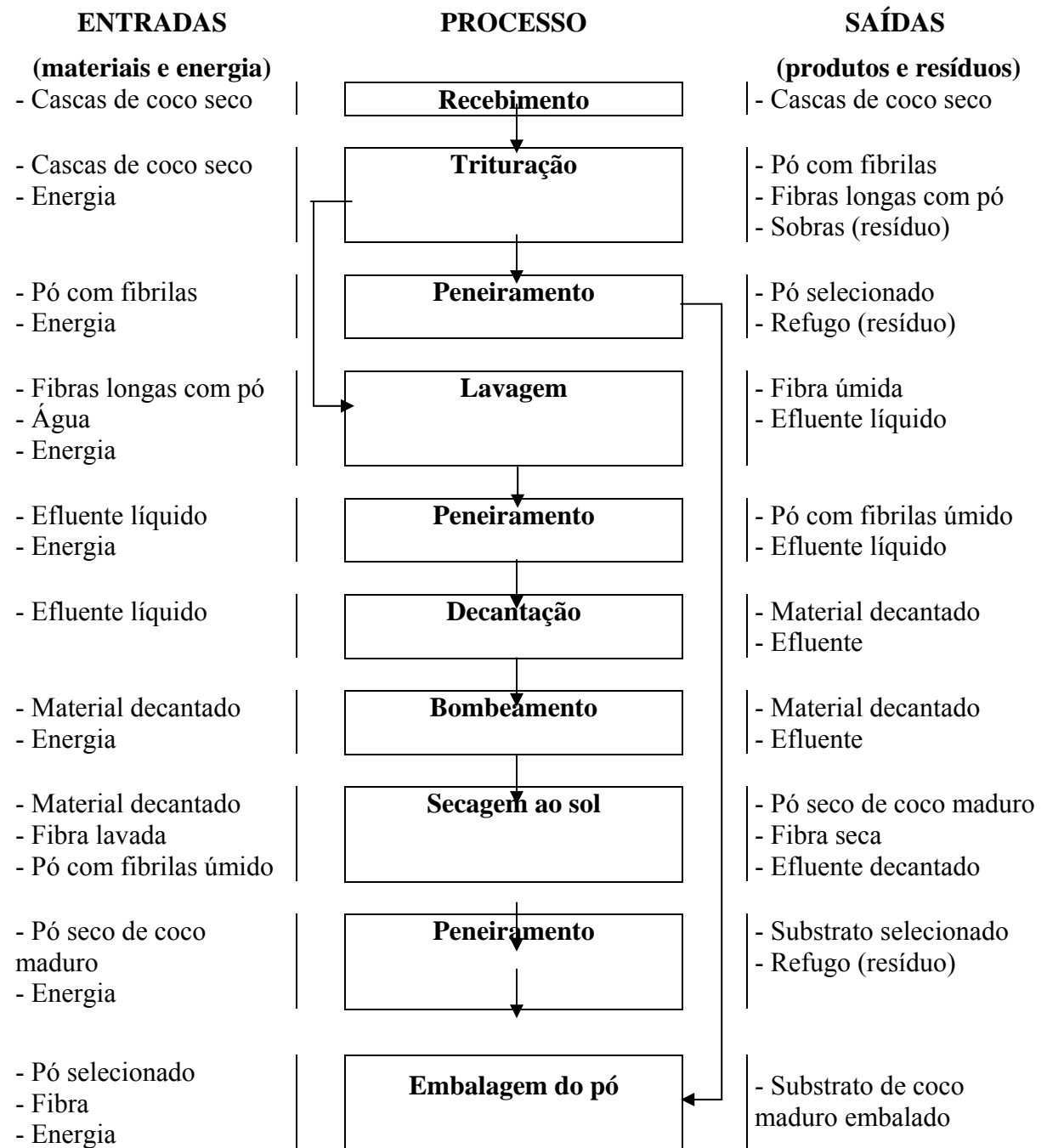


FIGURA 40 – Fluxograma do processamento da casca de coco seco



FIGURA 41 – Máquinas de processamento (trituração, peneiramento, lavagem)



FIGURA 42 – Esteira que conduz as cascas de coco seco ao triturador



FIGURA 43 – Primeira peneira rotativa que separa o pó de fibrilas



FIGURA 44 – Efluente da lavagem das fibras



FIGURA 45 – Pó obtido após lavagem das fibras



FIGURA 46 – Secagem ao sol do pó úmido



FIGURA 47 – Peneiramento do pó com fibrilas após secagem ao sol



FIGURA 48 – Sobras ao longo do processo

3.3.4.5 Cearosa

A Cearosa produz rosas de corte em estufas desde 1999, em uma área de 7,5 ha, sendo uma das maiores empresas exportadoras de rosas do Ceará. De acordo com Kiyuna *et al.* (2004), a área ocupada com floricultura no Brasil é estimada em 90.000 ha, com uma média de 3,7 ha por produtor, o que aponta a Cearosa como uma empresa de porte considerável no setor. A empresa alcançou, em 2007, produtividade média de até 200 rosas/m², superior à média brasileira, que é de 150 rosas/m².

Na etapa de avaliação do uso do substrato na produção de mudas e de rosas, foram instalados na empresa Cearosa, dois experimentos de campo em estufa: um para avaliação dos substrato na produção de mudas e outro para sua avaliação na produção de rosas. Acompanhou-se um ciclo de produção de 40 dias na produção de mudas e outro de 200 dias, na produção de rosas, assim como o descarte final do substrato na área reservada a compostagem na empresa.

O delineamento estatístico utilizado no experimento com mudas foi blocos e no experimento com rosas foi inteiramente casualizado, com a aplicação de dois tratamentos, SCV e SCS, junto a duas espécies de rosas, Salmone e Carola. Para cada tratamento aplicado (SCV e SCS) nas variedades em estudo, foram realizadas 288 repetições no experimento com mudas e 16 repetições no experimento com rosas.

Na avaliação de desempenho do SCV, foram considerados os dados referentes a variedade Carola na aplicação do modelo proposto, devido o SCV não ter gerado mudas viáveis da variedade Salmone.

Durante os experimentos com mudas e com rosas, foram diariamente monitorados o consumo de água, fertilizantes e agrotóxicos, além do volume de água de drenagem. A massa de substrato utilizada na produção de mudas e de rosas foi calculada a partir da densidade úmida dos substratos, obtida no Laboratório de Solos, Água e Planta da EMBRAPA Agroindústria Tropical, observando-se os volume dos vasos (20 L) utilizados na produção de rosas e das células (0,096 L) das bandejas utilizadas na produção de mudas. A densidade úmida de um substrato é obtida pela divisão da massa desse material na umidade real do produto por um volume conhecido ocupado pela massa.

Produção de mudas

A Figura 49 mostra o fluxograma do processo, com as entradas e saídas do sistema. No experimento com mudas, os substratos são inicialmente lavados com água corrente até o efluente da lavagem apresentar uma condutividade de 0,3 dS/m (Figuras 50 e 51). O SCV é então distribuído em 24 bandejas, cada uma contendo 24 células, onde são colocadas 288 estacas das variedades Salmone em 12 bandejas e 288 estacas da variedade Carola nas outras 12 bandejas (Figura 52). Em cada célula é aplicada uma solução contendo cálcio quelatado, aminoácidos e fungicida. O conjunto das 24 bandejas (576 mudas) é então coberto com um plástico de 10,5 m x 5 m, por um período de 40 dias, após o qual se avalia a qualidade das mudas (Figura 53). O mesmo procedimento é utilizado na produção das 576 mudas de Carola e Salmone, com SCS.

O critério adotado para aceitação ou não das mudas foi a formação do sistema radicular. Mudas com sistema radicular não desenvolvido ou pouco desenvolvidos são descartadas (Figura 54 e 55).

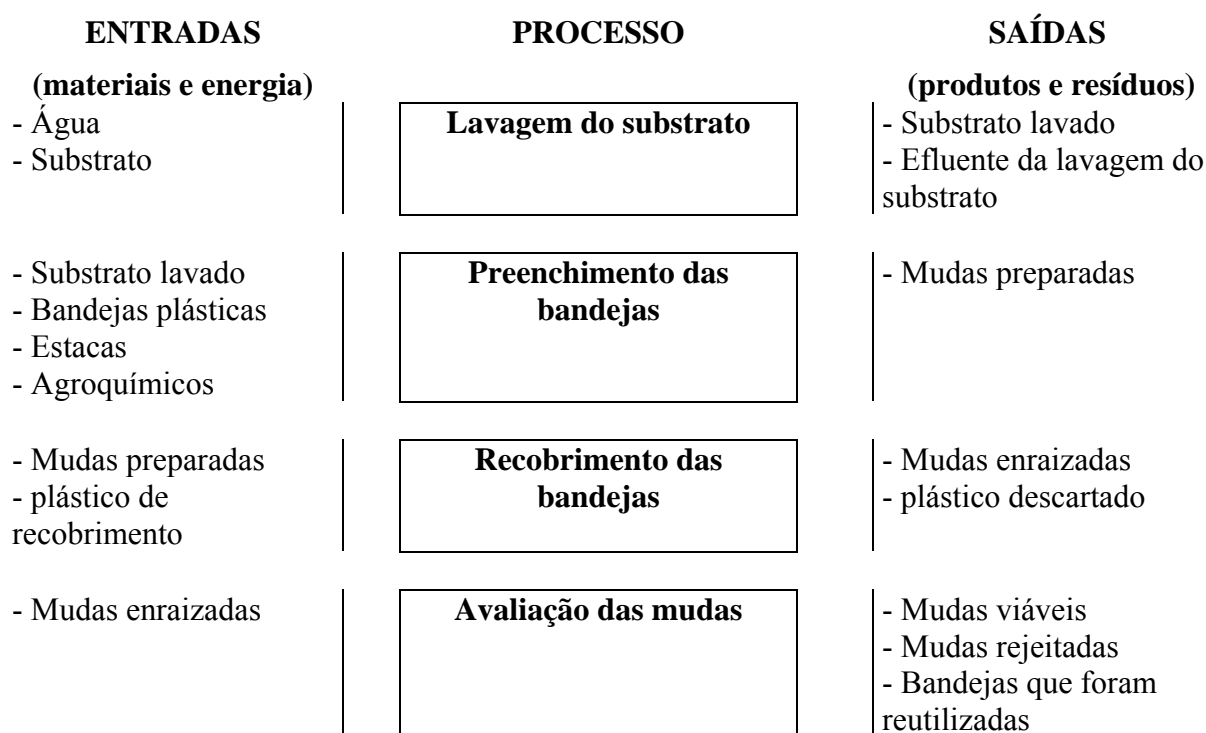


FIGURA 49 – Fluxograma da produção de mudas



FIGURA 50 – Lavagem do substrato



FIGURA 51 – Controle da CE do efluente da lavagem



FIGURA 52 – Preparação das mudas nas bandejas



FIGURA 53 – Recobrimento das mudas com plástico



FIGURA 54 – Mudas após 40 dias



FIGURA 55 – Classificação das mudas (plantas com enraizamento considerado “bom” e “ótimo” foram utilizadas na produção de rosas e as demais, refugadas)

Produção de rosas Carola e Salmone

O fluxograma da Figura 56 mostra as etapas da produção de rosas. Inicialmente, o substrato é distribuído em vasos plásticos de 20 L e lavado com água corrente, até o efluente da lavagem alcançar CE de 0,3 dS/m (Figura 57). Em seguida, são plantadas 3 mudas em cada vaso das variedades Carola e Salmone (Figura 58). Utiliza-se sistema de fertirrigação por gotejamento, sendo o volume de água controlado com a instalação de dois hidrômetros: uma para os vasos com SCV e outro para os vasos com SCS. Efetuou-se um teste inicial de uniformidade da vazão dos gotejadores, que apresentou coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 75%, com desvio padrão de 0,17 (Figura 59). O volume de água de irrigação ao longo do cultivo é determinado, buscando-se manter o volume total de drenagem dos vasos com Carola e Salmone em torno de 35% do volume irrigado, com a aplicação de pulsos de irrigação distribuídos ao longo do dia (Figura 60 e 61). Sempre que a água de drenagem dos vasos atinge CE de 1,8 dS/m, realiza-se a lavagem do substrato com água

corrente, até a CE da água de drenagem atingir 0,3 dS/m (Figura 62). O volume de água de drenagem é monitorado para o conjunto de vasos com as variedades Carola e Salmone, cultivadas em SCV e em SCS. As aplicações de agroquímicos são determinadas pela gerência técnica da empresa, observando-se o desenvolvimento das plantas e manifestações de pragas e doenças. A colheita de rosas iniciou-se, para as plantas cultivadas com SCS, com 109 dias de cultivo e, para as plantas cultivadas com SCV, com 123 dias (Figura 63 e 64). As rosas colhidas são classificadas em viáveis e não viáveis, conforme critério utilizado pela empresa. As rosas não viáveis ou refugadas são aquelas que apresentaram hastes finas, curvadas e botões pequenos (Figura 65).

A produção de rosas gera três tipos de efluentes: o da lavagem inicial dos substratos, o da lavagem dos substratos quando a água de drenagem atingia 1,8 dS/m e o da drenagem diária da irrigação. Foi possível coletar uma amostra da lavagem inicial e cinco amostras da água de drenagem ao longo do cultivo, não tendo sido possível realizar coletas do efluente da lavagem do substrato ao longo do cultivo. As amostras do efluente da drenagem da irrigação relativas ao SCV foram obtidas a partir da composição dos volumes coletados dos vasos com as variedades Salmone e Carola. O mesmo procedimento foi adotado para coleta das amostras da drenagem do SCS.

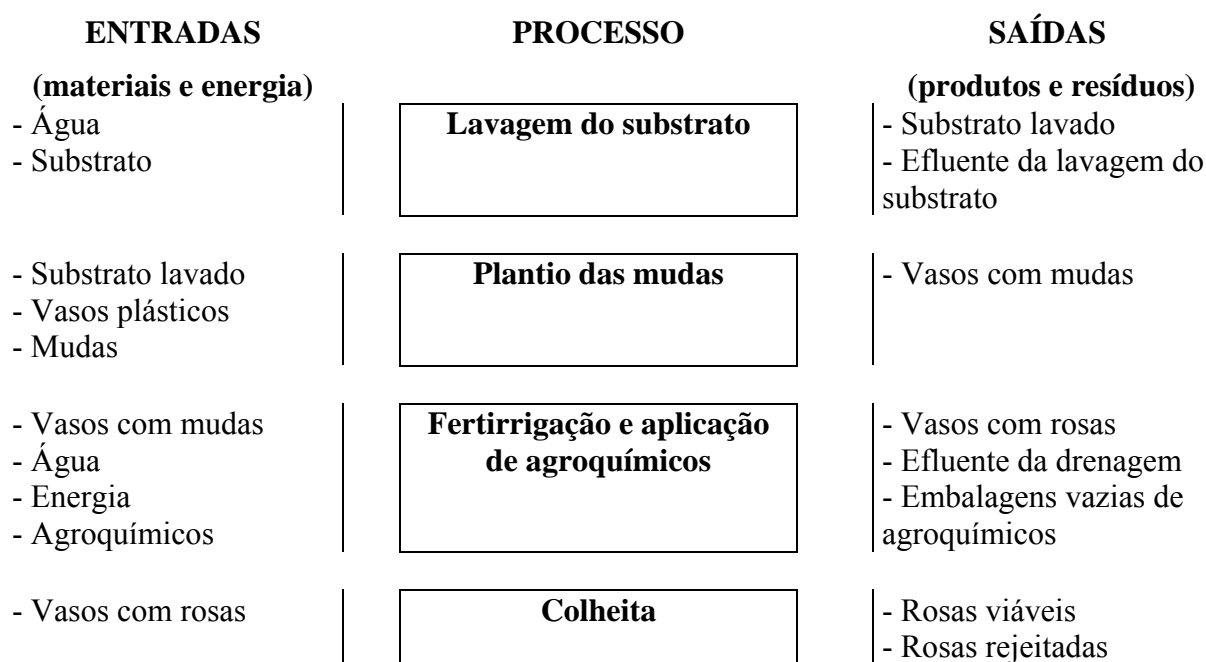


FIGURA 56 – Fluxograma geral da produção de rosas



FIGURA 57 – Lavagem inicial do substrato



FIGURA 58 – Plantio de mudas



FIGURA 59 – Sistema de irrigação por gotejamento, com copos para coleta da vazão na realização do teste de uniformidade da vazão dos gotejadores



FIGURA 60 – Experimento montado com hidrômetros para controle do volume de água irrigado.



FIGURA 61 – Coleta da drenagem diária da produção de rosas



FIGURA 62 – Lavagem do substrato durante o cultivo para redução da CE



FIGURA 63 – Roseiras com rosas em ponto de colheita



FIGURA 64 – Variedade Salmone em ponto de colheita



FIGURA 65 – Classes de rosas (da esquerda para a direita, 1ª e 2ª – qualidade aceitável, 3ª – refugo)

Na avaliação dos efluentes da drenagem da irrigação realizada no LIAMAR, foi observado que os valores de DBO superavam os de DQO, resultado intrigante já que o valor de DQO engloba o material orgânico biodegradável e outras substâncias oxidáveis, devendo se apresentar superior a DBO. Devido esse efluente ser rico em amônia e nitrato, acrescentados diariamente à água de irrigação para nutrição das plantas, formulou-se a hipótese de que as bactérias nitrificantes estariam consumindo oxigênio em conjunto com as bactérias heterotróficas aeróbias responsáveis pela degradação da matéria orgânica, interferindo dessa forma no método de análise da DBO. Buscando solucionar o problema, utilizou-se o agente inativador da microbiota bacteriana nitrificante TCMP (2 – Cloro – 6 – tricloro metil) piridina na proporção de 1mg/100ml, para avaliação da DBO. Entretanto, os resultados obtidos não apresentaram replicabilidade para uma mesma amostra, não tendo sido possível avaliar a concentração de DBO do efluente da drenagem de ambos os substratos.

Compostagem do substrato

Quando a produção de uma roseira decai, ocorre o seu descarte em conjunto com o substrato agrícola onde as raízes se desenvolviam. Simulando essa prática, no final do experimento os restos de rosas e substratos foram encaminhados na Cearosa para uma área onde foram misturados com outros resíduos orgânicos da produção para realização de compostagem (Figura 66 e 67). No processo de compostagem o revolvimento das leiras é feito manualmente, não sendo utilizado energia ou combustível. Esse processo, por envolver a degradação e mineralização da matéria orgânica por bactérias aeróbias, não gera efluentes líquidos, nem resíduos sólidos. O composto curado demora em média três a quatro meses para ser obtido, sendo o processo controlado pelo monitoramento da temperatura da leira.



FIGURA 66 – Refugo de roseiras e substrato encaminhado para pátio de compostagem



FIGURA 67 – Leira do pátio de compostagem

3.3.5 Coleta dos dados referentes à vulnerabilidade das bacias hidrográficas

Utilizou-se o software ArcView 9.0. para delimitação de áreas e de polígonos de influência de valores pontuais numa bacia (Polígonos de Thiessen), quando as informações relativas aos indicadores de vulnerabilidade ambiental selecionados estavam disponíveis em mapas.

As informações relativas aos indicadores de vulnerabilidade ambiental foram coletadas em bases de dados nacionais e publicações disponíveis na literatura, conforme descrito na Tabela 10. Considerou-se como municípios pertencentes às bacias em estudo, aqueles cujas sedes municipais localizavam-se em seu perímetro. Quando a informação para um indicador não estava disponível para um dado município com sede na bacia, o município foi desconsiderado da análise desse indicador.

TABELA 10 – Fontes de informação dos indicadores de vulnerabilidade ambiental

Informação	Fonte
Perímetro das Bacias Hidrográficas nacionais	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006)
Atividade agropecuária	Censo Agropecuário (IBGE, 1996) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Atividade industrial	Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2005)
Geração de lixo <i>per capita</i>	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Geração de esgoto <i>per capita</i>	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Demanda hídrica <i>per capita</i>	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006), Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Áreas prioritárias para conservação	Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2006)
Aptidão agrícola	Estudos de Aptidão Agrícola - Ceará e Alagoas (SUPLAN, 1979)
Intensidade Pluviométrica	Dados pluviométricos diários de postos de monitoramento da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME (FUNCEME, 2008) e Rede Hydroclimática do Nordeste (Sudene, 2008)
Qualidade da água de irrigação	Dados georreferenciados de monitoramento da qualidade da água no Ceará (COGERH, 2008) e em Alagoas (ANA, 2007)
Aridez do clima	Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação no Semi-árido (MMA, 2004)
Unidade de conservação	Mapa de Áreas Protegidas (IBGE, 2008) e Unidades de Conservação no Ceará (SEMACE, 2008)
Conservação do solo	Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2002)
Acesso a coleta e destino do lixo	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Acesso rede de abastecimento de água	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Acesso a esgotamento sanitário	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	Base de dados da Agência Nacional de Águas - ANA (ANA, 2006), Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004) e Censo Demográfico (IBGE, 2000b)
IDH-M	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2003)

3.3.6 Análise de valores extremos na aplicação do modelo

Considerando que a avaliação de desempenho dos SCV e SCS, ao longo do seus ciclos de vida, requer a realização de medições em diferentes unidades produtivas e de descarte, muitas vezes sendo efetuadas várias visitas em momentos diferentes para coleta dos dados, optou-se por realizar uma análise de propagação do erro pelo método de valores extremos, com o uso de valores mínimos, máximos e médios dos indicadores, como sugerido por Björklund (2002) e Heijungs e Huijbregts (2004). Assim, realizou-se a avaliação de desempenho dos substratos para três situações:

- valores médios do SCV em comparação a valores médios do SCS: foram utilizados valores médios assumidos por cada indicador, sempre que foi possível realizar pelo menos três medições em campo, ou o valor encontrado numa dada medição foi considerado como médio no cálculo do desempenho ambiental;
- valores mínimos do SCV em comparação a valores máximos do SCS: utilizou-se o conjunto dos menores valores encontrados para cada indicador na avaliação do SCV e os maiores valores encontrados na avaliação do SCS. Essa situação é a mais favorável ao SCV, uma vez que a maior parte dos indicadores alcançam maior desempenho quanto menor seu valor;
- valores máximos do SCV em comparação a valores mínimos do SCS: utilizou-se o conjunto dos maiores valores encontrados para cada indicador na avaliação do SCV e os menores valores encontrados na avaliação do SCS. Essa situação é a menos favorável ao SCV, uma vez que a maior parte dos indicadores alcançam maior desempenho quanto menor seu valor.

Na avaliação das etapas de descarte de cascas de coco e de produção de substrato, foi possível repetir medições e calcular valores máximos, médios e mínimos. As etapas de uso do substrato na produção de rosas e de descarte do substrato requereram um acompanhamento de sete meses, inviabilizando a realização de repetições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

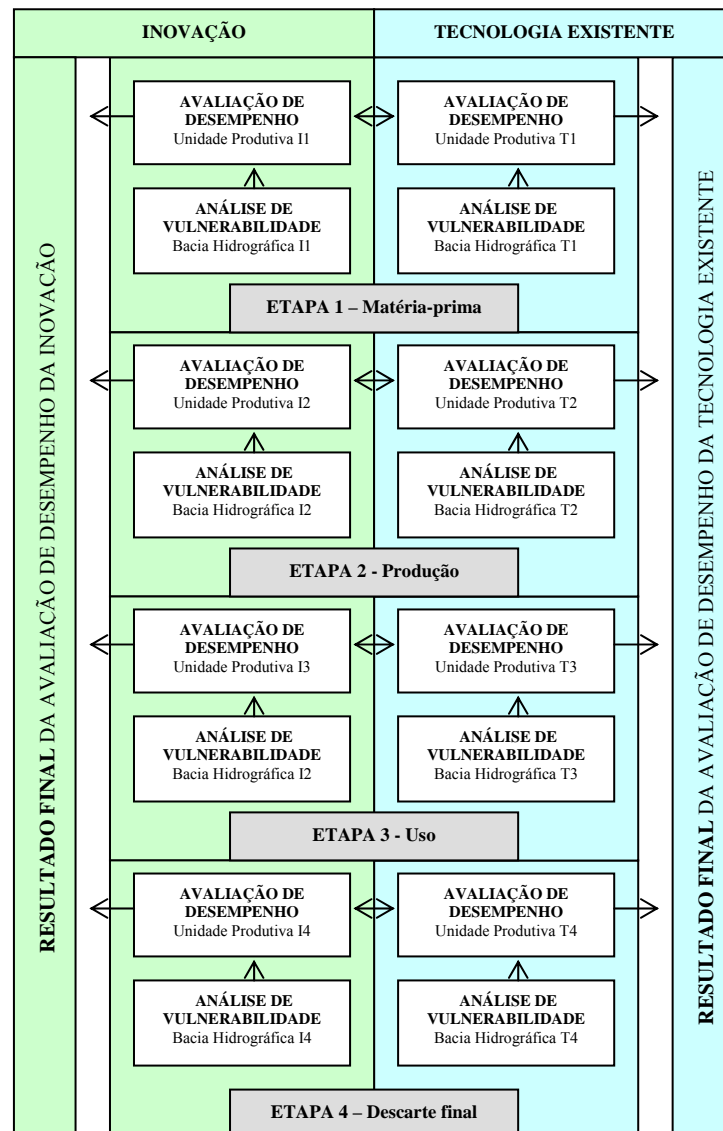
4.1 Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Agroindustriais, com base no conceito de ciclo de vida e na vulnerabilidade ambiental (Ambitec-Ciclo de Vida)

A partir das considerações até aqui realizadas, apresenta-se, na Figura 68, a estrutura geral do modelo Ambitec-Ciclo de Vida. O objetivo geral do modelo é avaliar o desempenho ambiental de uma inovação em relação a uma tecnologia existente, considerando o ciclo de vida da inovação e a vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas às questões ambientais relacionadas às atividades agroindustriais.

Em cada etapa do ciclo de vida da inovação, realiza-se uma análise de vulnerabilidade da bacia onde a etapa está situada. O resultado dessa análise é utilizado na avaliação do desempenho ambiental de uma unidade produtiva ou de descarte de resíduos, escolhida como representante da etapa. Quanto maior a vulnerabilidade ambiental de uma bacia, maior a pressão exercida pela inovação, reduzindo seu desempenho ambiental.

O desempenho da inovação em uma etapa é avaliado, comparando-se seus resultados com os obtidos por outra tecnologia existente, escolhida por desempenhar função igual ou semelhante no mercado. Os desempenhos ambientais finais de uma inovação e de uma tecnologia de comparação são obtidos pela agregação dos resultados da avaliação de desempenho de cada etapa.

Esse modelo busca auxiliar pesquisadores e equipes de transferência de tecnologias agroindustriais que, ao propor e difundir inovações, devem considerar o seu desempenho ambiental.



Obs: I = Inovação; T = Tecnologia; 1, 2, 3 ou 4 = etapas da avaliação de Desempenho Ambiental
 FIGURA 68 – Estrutura geral do modelo de Ambitec-Ciclo de Vida

4.1.1 Etapas do ciclo de vida consideradas

Considerando a complexidade envolvida em uma análise integral de todas as etapas do ciclo de vida de um produto, além das limitações de recursos humanos e financeiros, propõe-se analisar quatro etapas do ciclo de vida de uma inovação e da tecnologia existente de comparação: **produção da matéria-prima** utilizada por uma tecnologia; **produção** da tecnologia; **uso** da tecnologia, e; **descarte final** da tecnologia.

Estas etapas devem ser analisadas antes e depois da introdução da inovação. Podem ocorrer três situações na comparação de um produto novo com outro existente, seu substituto no mercado:

- **situação 1:** o novo produto e o produto a ser substituído utilizam matérias-primas que não são resíduos;
- **situação 2:** o novo produto utiliza matéria-prima que é resíduo, enquanto o produto a ser substituído utiliza matéria-prima que não é resíduo;
- **situação 3:** tanto o novo produto como o produto a ser substituído utilizam matéria-prima que é resíduo.

Essas situações serão analisadas separadamente, a seguir.

Situação 1: o novo produto e o produto a ser substituído utilizam matérias-primas que não são resíduos

Na situação anterior à introdução da inovação no mercado, as etapas do ciclo de vida do produto novo ainda não existem, mas apenas a do produto a ser substituído. Quando a inovação é transferida, para cada massa consumida do novo produto, deixa-se de consumir uma massa de igual valor do produto substituto. Por esse motivo, na situação pós-transferência, o ciclo de vida do produto a ser substituído deixa de existir. Os resultados de uma etapa do ciclo de vida do novo produto devem ser comparados com os resultados da mesma etapa obtidos para o produto substituto, conforme apresentado na Figura 69.

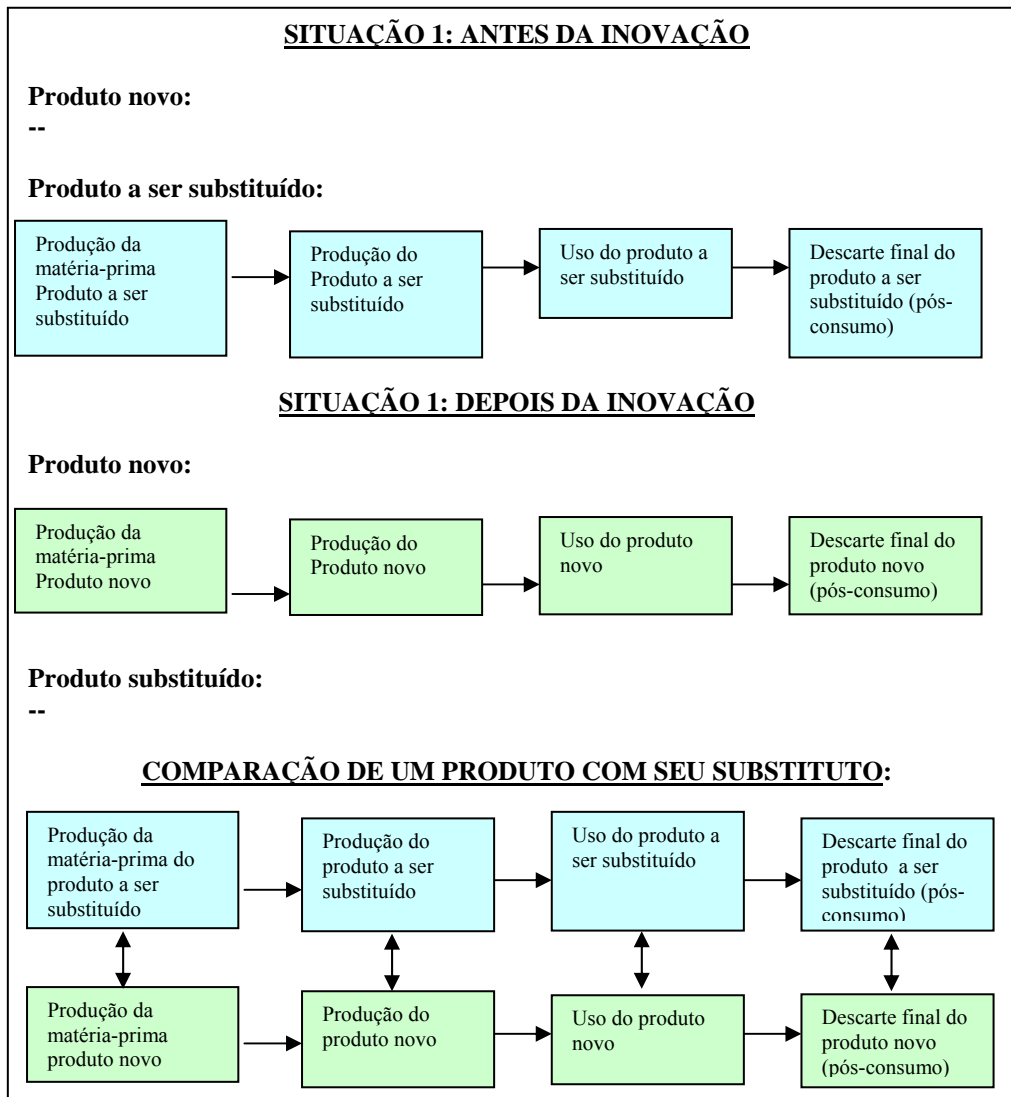


FIGURA 69 – Sistemática de comparação geral de produtos (Situação 1)

Situação 2: o novo produto utiliza matéria-prima que é resíduo, enquanto o produto a ser substituído utiliza matéria-prima que não é resíduo

Um caso particular ocorre quando a matéria-prima utilizada em um processo é um resíduo, visto que o resíduo continuará a ser gerado, mesmo que não utilizado, diferentemente do caso tradicional onde apenas se produz a matéria-prima se esta for ser processada. Assim, quando o produto novo (inovação) utiliza um resíduo como matéria-prima, a etapa de descarte do resíduo deve ser destacada e incluída na análise do ciclo de vida desse produto, antes da sua transferência. Outro aspecto é que após a difusão do produto novo, como a matéria-prima utilizada na sua produção é um resíduo, os impactos ambientais gerados na etapa de “produção da matéria-prima” não devem ser contabilizados, uma vez que esse ônus deve-se a produção de um outro produto qualquer e não ao produto novo em estudo.

Na comparação final dos resultados de um produto novo com seu substituto, na etapa de “produção da matéria-prima”, os resultados dos impactos relacionados ao descarte do resíduo ainda não utilizado pelo produto novo devem ser acrescidos aos impactos do processamento da matéria-prima do produto substituto e comparados com a ausência de impactos dessa etapa no ciclo de vida do produto novo (Figura 70).

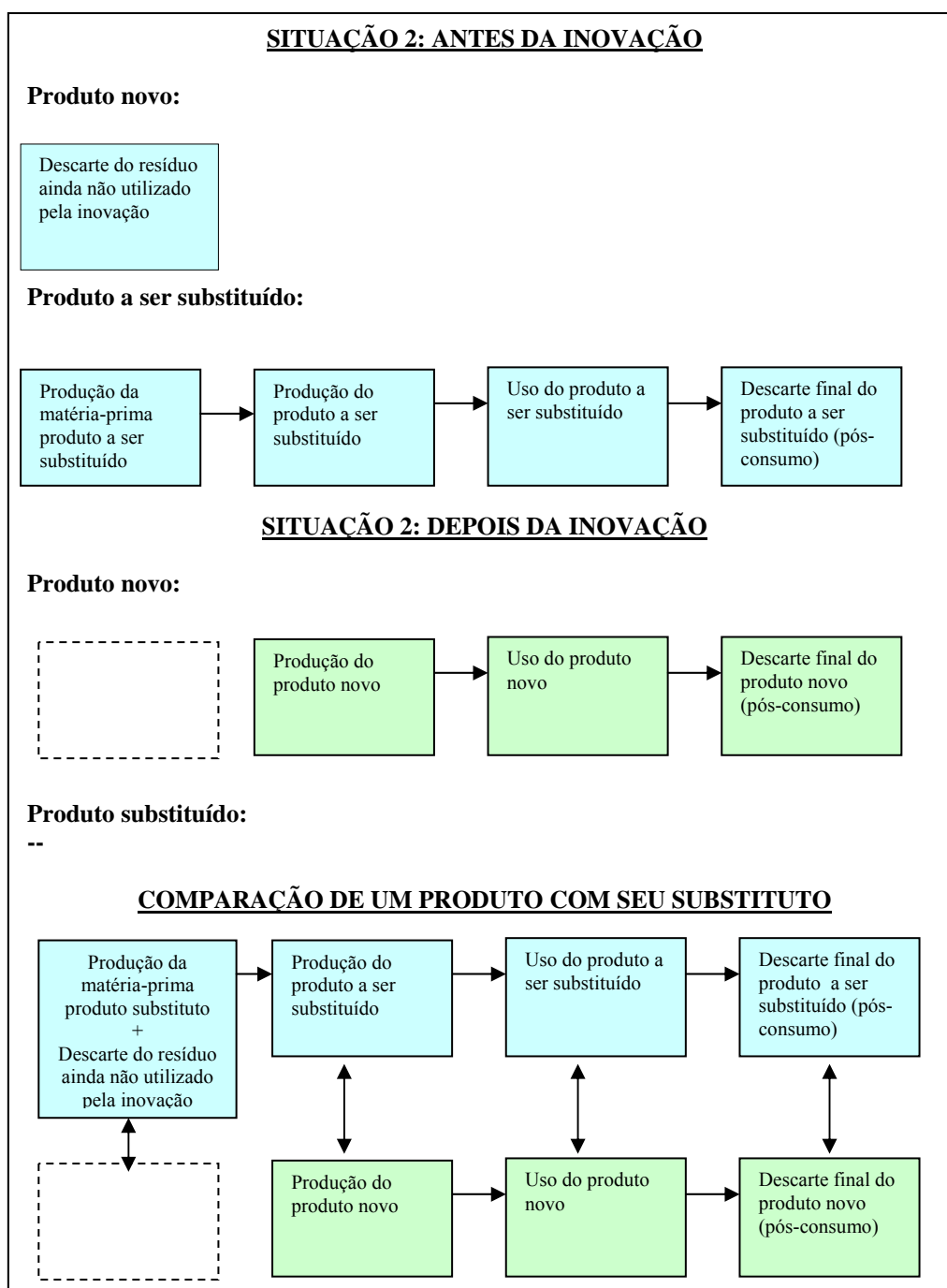


FIGURA 70 –Sistemática de comparação de produtos da Situação 2

Situação 3: tanto o produto novo como o produto a ser substituído utiliza matérias-primas que são resíduo

No caso mais complexo, tanto o produto novo quanto o produto substituído poderiam ser provenientes de resíduos e, portanto, não possuiriam uma etapa de produção de matéria-prima. Na situação anterior à inovação, ocorre o descarte do resíduo que será utilizado como matéria-prima pela inovação. Na situação posterior à adoção da inovação, o resíduo que era utilizado para fabricação do produto substituído deixa de ser usado como matéria-prima e passa a ser descartado (Figura 71).

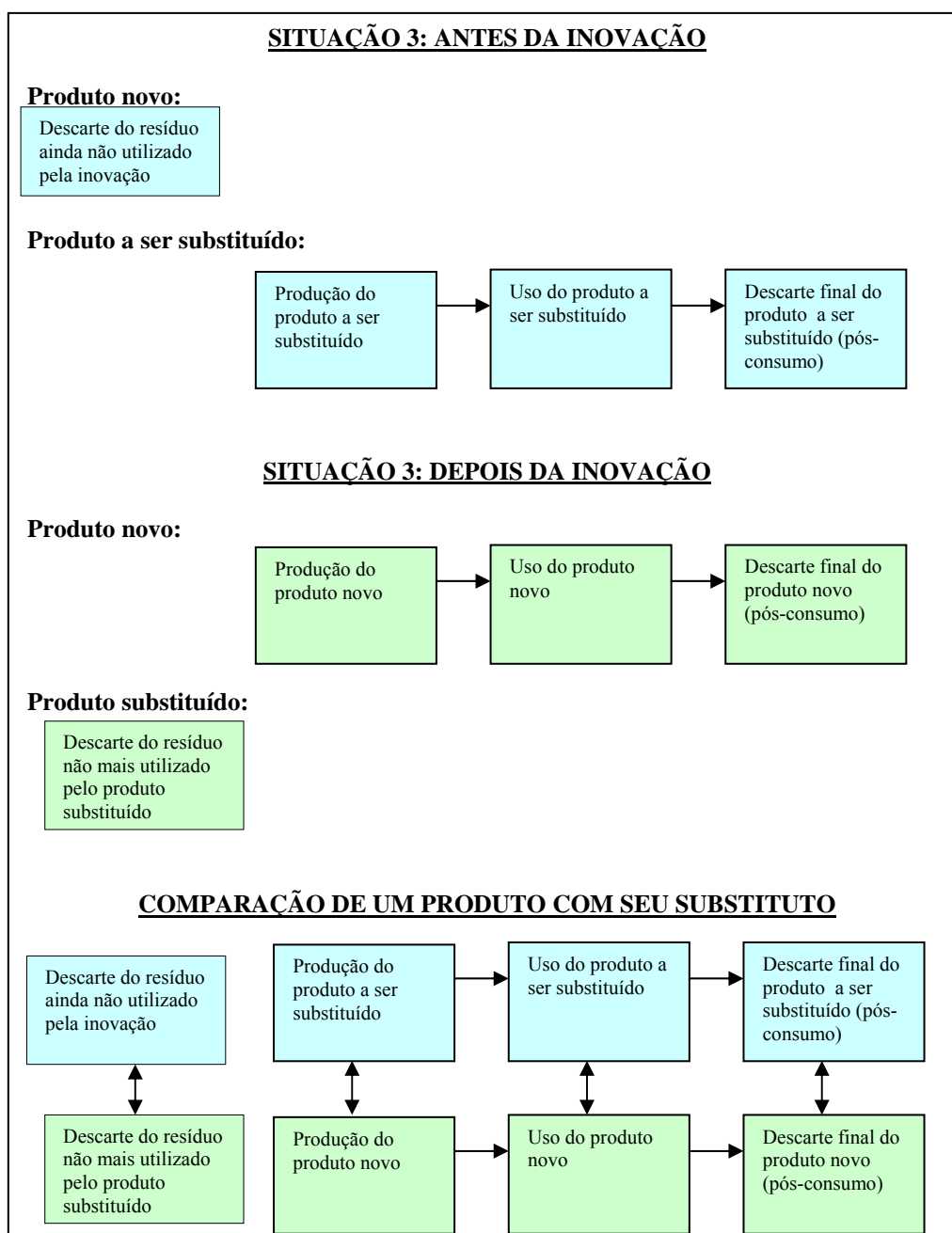


FIGURA 71 - Sistemática de comparação de produtos da Situação 3

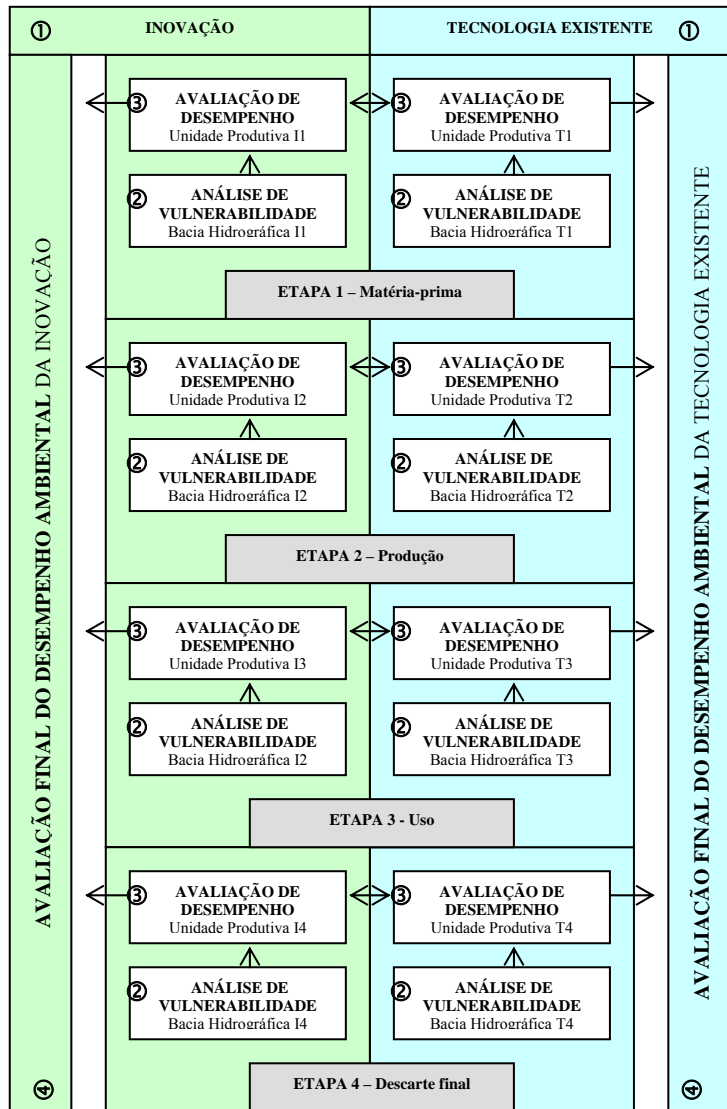
4.2 Detalhamento do modelo Ambitec-Ciclo de Vida

A Figura 72 detalha o modelo Ambitec-Ciclo de Vida, mostrando as ações que precisam ser tomadas para o planejamento da avaliação, para a análise da vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas onde cada etapa do ciclo de vida da inovação e da tecnologia existente ocorre, para análise do desempenho ambiental de cada etapa nas unidades produtivas e de descarte de resíduos e para análise final do desempenho das tecnologias, considerando todas as etapas do ciclo de vida.

No **planejamento da avaliação**, deve-se definir a função e a unidade funcional da inovação, identificar a tecnologia de comparação e o fluxo de referência para o levantamento dos dados dos indicadores. Identificada as tecnologias de estudo, devem-se escolher as unidades produtivas e de descarte onde os dados dos indicadores serão levantados, assim como identificar as bacias hidrográficas relacionadas, para realização da análise de vulnerabilidade.

A **análise de vulnerabilidade** utiliza um conjunto de indicadores de vulnerabilidade que são normalizados para uma unidade adimensional, tornando possível a agregação dos resultados em critérios de vulnerabilidade e, a agregação deles no índice de vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica. O índice de vulnerabilidade entra como um fator de ponderação na avaliação de desempenho da etapa sediada na bacia hidrográfica analisada.

A **avaliação de desempenho ambiental** de uma unidade produtiva ou de descarte de resíduos, **numa etapa** da avaliação da inovação ou da tecnologia existente, é realizada por um conjunto de indicadores de desempenho. Inicialmente, os valores coletados para cada indicador, relativos a uma massa de produção específica, são ajustados para a produção necessária ao fluxo de referência estabelecido, possibilitando uma comparação entre tecnologias em bases iguais. Em seguida, os valores ajustados dos indicadores com potencial de causar impactos locais e regionais, no âmbito de uma bacia hidrográfica, são ponderados pelo índice de vulnerabilidade da bacia onde a unidade está situada. Realiza-se, então, a normalização dos valores dos indicadores da inovação para uma escala adimensional, pela comparação desses valores com os obtidos pela tecnologia existente, visando agregá-los em critérios, esses em princípios e, esses últimos, no índice de desempenho ambiental da inovação na etapa em estudo.



Onde: I: Inovação; T: Tecnologia existente.

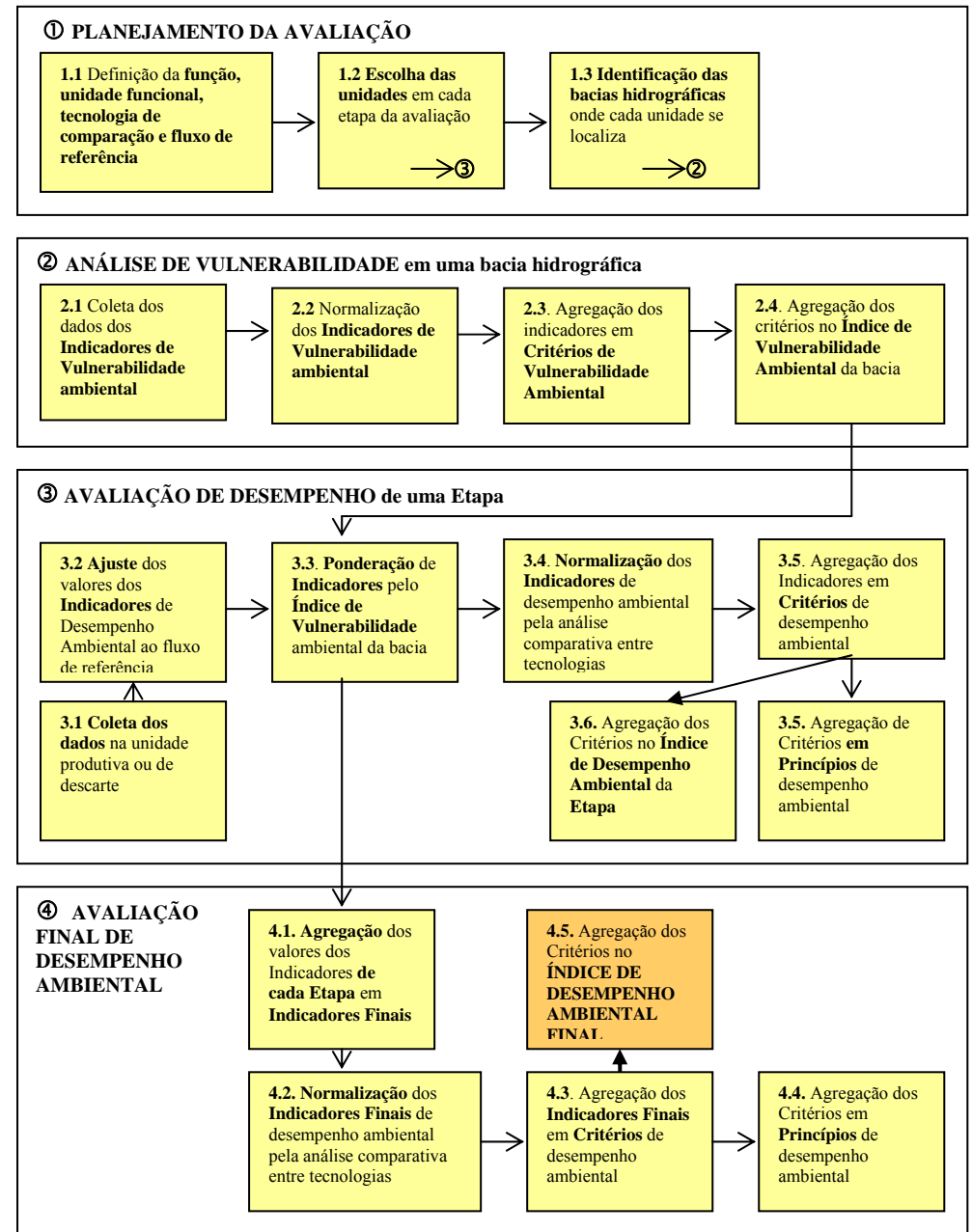


FIGURA 72 – Detalhamento do modelo Ambitec – Ciclo de Vida de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais

Na **avaliação final de desempenho ambiental**, os valores dos indicadores, já ajustados ao fluxo de referência e ponderados pela vulnerabilidade da bacia, relativos a cada etapa do ciclo de vida da inovação, são, então, agregados para obtenção dos valores totais dos indicadores ao longo do ciclo de vida. Esses valores totais são normalizados para uma unidade adimensional, pela comparação entre tecnologias, agregados em critérios, esses, em princípios e no índice final de desempenho ambiental da inovação. O mesmo procedimento é realizado para obtenção do índice final de desempenho ambiental da tecnologia existente.

As ações enumeradas na Figura 72 estão descritas a seguir, relativas ao planejamento da avaliação e realização da análise de vulnerabilidade ambiental, da avaliação de desempenho ambiental numa etapa do ciclo de vida e da avaliação final de desempenho ambiental da inovação e tecnologia existente.

4.2.1 Planejamento da avaliação

4.2.1.1 Definição da função, da unidade funcional, da tecnologia de comparação e do fluxo de referência

O modelo requer a definição de uma tecnologia existente que desempenhe função semelhante à inovação em estudo, sendo essa tecnologia substituta da inovação no mercado, ou seja, o consumo da inovação, implica na redução do consumo da tecnologia e vice-versa. A função de uma inovação de processo ou de produto pode ser explicitada a partir da indagação do seu objetivo no agronegócio, quando utilizada. Tecnologias que possuem os mesmos objetivos podem ser comparadas com a definição de uma unidade funcional, ou seja, uma medida que quantifique sua função. Tomando como exemplo o produto “SCV”, que tem como função atuar como base física para o desenvolvimento de plantas, pode-se avaliar seu desempenho em comparação ao produto “SCS” que possui objetivo semelhante, por meio da definição da unidade funcional “suporte físico ao enraizamento de uma roseira para produção de uma rosa”. Assim, o levantamento dos dados e a comparação entre tecnologias são realizados para uma mesma produção.

Depois de definida a unidade funcional de referência, é necessário levantar o fluxo de referência tanto da inovação como da tecnologia existente, ou seja, os valores de produção

relacionados a cada etapa do ciclo de vida, para que a unidade funcional seja atendida. Tomando como exemplo a unidade funcional definida no item anterior (suporte físico para produção de uma rosa), será preciso levantar quanto de substrato deverá ser produzido para servir à produção de uma rosa e quanto de casca de coco deixará de ser descartada ou incorporada ao solo. Esses valores serão tomados como referência nas etapas de produção do substrato e descarte das cascas, respectivamente.

4.2.1.2 Escolha das unidades em cada etapa da avaliação

Sugerem-se os seguintes critérios na escolha das unidades produtivas ou de descarte onde ocorre cada etapa do ciclo de vida das tecnologias: volume de produção, para refletir a representatividade do processo produtivo empregado pela empresa na etapa do ciclo de vida do produto e aceitação da empresa para realização dos levantamentos de dados.

4.2.1.3 Identificação das bacias hidrográficas onde cada unidade se localiza

As unidades produtivas e de descarte escolhidas para o levantamento dos dados devem ser georreferenciadas no mapa das bacias hidrográficas estaduais para identificação das bacias onde o estudo de vulnerabilidade será conduzido

4.2.2 Análise da Vulnerabilidade Ambiental de bacias hidrográficas

A análise de vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica onde uma etapa do ciclo de vida da inovação ou tecnologia existente ocorre é realizada por um conjunto de 17 indicadores, organizados em 3 critérios, gerando um índice que expressa a vulnerabilidade de uma bacia (Figura 73).

Para obtenção do índice de vulnerabilidade ambiental de uma bacia realiza-se a coleta dos dados, a normalização dos indicadores e sua agregação nos critérios e índice, conforme apresentado nos próximos itens.

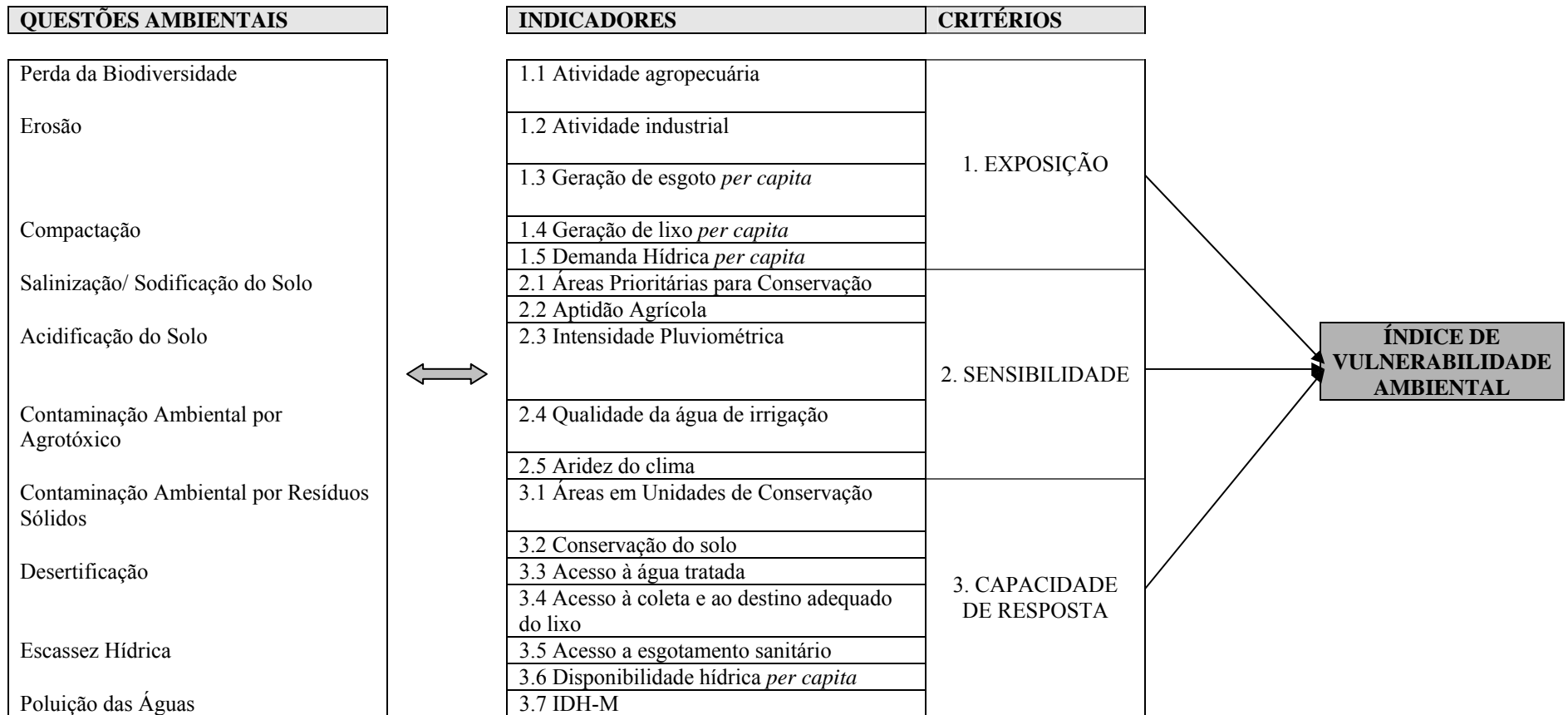


FIGURA 73– Estrutura de organização dos indicadores utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental de uma bacia hidrográfica

4.2.2.1 Normalização dos indicadores de vulnerabilidade ambiental

Cada indicador é normalizado, utilizando-se uma transformação linear, numa escala que varia de 1 a 2 (Tabela 11). A normalização dos indicadores nessa escala única é necessária para que valores em diferentes unidades de medida possam ser agregados.

TABELA 11 – Níveis de vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Valor
Muito Baixa	1 – 1,2
Baixa	1,2 – 1,4
Média	1,4 – 1,6
Alta	1,6 – 1,8
Muito Alta	1,8 – 2

São utilizados dois tipos de normalização: um para indicadores qualitativos e outro para indicadores quantitativos. Indicadores quantitativos podem ser de dois tipos: “quanto maior seu valor, maior a vulnerabilidade ambiental” e “quanto menor seu valor, maior a vulnerabilidade ambiental”. Para indicadores do primeiro tipo, utiliza-se a Fórmula 4a e para indicadores do segundo tipo, a Fórmula 4b.

$$Valor_i = \left(\frac{indicador_i - Valor_{\min}}{Valor_{\max} - Valor_{\min}} \right) + 1 \quad (4a)$$

$$Valor_i = \left(\frac{Valor_{\max} - indicador_i}{Valor_{\max} - Valor_{\min}} \right) + 1 \quad (4b)$$

Onde,

$indicador_i$ = valor original assumido por um indicador i de vulnerabilidade;

$Valor_{\max}$ = Valor máximo possível de ser alcançado pelo indicador i de vulnerabilidade;

$Valor_{\min}$ = Valor mínimo possível de ser alcançado pelo indicador i de vulnerabilidade;

$Valor_i$ = valor normalizado do indicador i .

Para os indicadores qualitativos, é atribuído um valor de vulnerabilidade na escala de 1 a 2 para cada uma das possíveis respostas apresentadas pelo indicador, conforme a compreensão do que representa uma maior ou menor vulnerabilidade.

Exceto os indicadores “demanda hídrica *per capita*” e “disponibilidade hídrica *per capita*”, os demais indicadores numa bacia hidrográfica apresentam valores diferentes em diferentes municípios ou áreas da bacia. Optou-se por considerar as variações de valores de um dado indicador no cálculo da vulnerabilidade final do mesmo, utilizando-se a Fórmula 5, que pondera o percentual ocupado por cada área, pelo valor de vulnerabilidade atribuído àquela área.

$$Vulnerabilidade_Indicador_i = \sum_{i=1}^n Valor_i * peso_i \quad (5)$$

Onde,

n = número de áreas existentes na bacia;

$Valor_i$ = valor normalizado da vulnerabilidade de um indicador i numa área da bacia;

$peso_i$ = percentual ocupado por uma área (ex: área de um município, de uma classe climática ou de um grupo de aptidão agrícola) na bacia ao qual é atribuído um valor para um indicador i de vulnerabilidade;

$Vulnerabilidade_Indicador_i$ = valor final da vulnerabilidade de um indicador i na bacia.

A Tabela 12 apresenta a descrição de cada indicador por critério, com o método de cálculo e de normalização utilizado, a justificativa da sua escolha e a base de dados onde as informações podem ser coletadas.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 1 – EXPOSIÇÃO		
1.1 Atividade agropecuária	<p>Avalia a pressão exercida pela atividade agropecuária numa bacia. A atividade agropecuária em um município de uma bacia é calculada com a aplicação da Fórmula 6, que divide a área de cada município da bacia devotada ao cultivo e pastagens pela área total do município.</p> $\text{Atividade}_{\text{ agropecuária}_i} = \frac{\text{área}_{\text{ agropecuária}_i}}{\text{área}_{\text{ município}_i}} * 100 \quad (6)$ <p>Onde, área_{agropecuária_i} = área devotada à atividade agropecuária no município <i>i</i>; área_{município_i} = área do município <i>i</i>; Atividade_{agropecuária_i} = percentual da área do município <i>i</i> devotada à atividade agropecuária na bacia.</p> <p>Compreende-se que quanto menor o percentual da área agrícola, menores as pressões ambientais e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que esse indicador varia entre 0% (valor mínimo) e 100% (valor máximo), utilizando-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada município. Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4a) para obtenção do valor final do indicador na bacia. A área agropastoril de cada município está disponível no Censo Agropecuário de 1996, enquanto a área municipal é obtida no Censo Demográfico de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Considera-se como área agropastoril as seguintes áreas do sistema de uso da terra do IBGE: lavouras permanentes, lavouras temporárias, lavouras temporárias em descanso, pastagens naturais, pastagens plantadas e matas e florestas artificiais.</p>	<p>A atividade agropecuária é um fator de pressão importante em uma bacia, uma vez que: acarreta o desmatamento com perda da vegetação natural e redução da biodiversidade; contribui para processos erosivos, de salinização e contaminação do solo pelo uso de agrotóxicos, e; altera a ciclagem natural de nutrientes, ampliando as ofertas de nitrogênio e fósforo, que podem reduzir a qualidade das águas e contribuir para o aquecimento global (emissões de óxido nitroso).</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 1 – EXPOSIÇÃO		
1.2 Atividade industrial	<p>Avalia a pressão exercida pela atividade industrial numa bacia. A atividade industrial de um município da bacia é calculada com a aplicação da Fórmula 7, que considera a relação entre o pessoal ocupado na indústria extrativa e de transformação em um município e a área do município.</p> $Atividade_industrial_i = \frac{pessoal_ocupado_i}{\acute{a}rea_munic\acute{i}pio_i} \quad (7)$ <p>Onde, pessoal_ocupado_i = número total de pessoal ocupado nas indústrias extrativas e de transformação no município <i>i</i>; área_município_i = área do município <i>i</i>; Atividade_industrial_i = número de pessoas ocupadas por unidade de área no município <i>i</i> da bacia.</p> <p>Compreende-se que quanto menor a atividade industrial, menores as pressões ambientais e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que esse indicador varia ente 0 (valor mínimo) e 125 empregados.Km⁻² (valor máximo), utilizando-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada município. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido num dado município, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador.</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4a), para obtenção do valor final do indicador na bacia.</p> <p>Os dados sobre pessoal ocupado nas indústrias extrativas e de transformação, por município, estão disponíveis no Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2005), enquanto a área municipal é obtida no Censo Demográfico de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000b).</p>	<p>A atividade industrial também é um fator de pressão importante em uma bacia, uma vez que gera efluentes sólidos, líquidos e gasosos com potencial de reduzir a qualidade do ar, da água e do solo, além de acarretar o desmatamento com perda da vegetação natural e redução da biodiversidade, no caso da indústria extrativa.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 1 - EXPOSIÇÃO		
1.3 Geração de esgoto per capita	<p>Avalia a intensidade da geração de esgoto nos municípios da bacia, pela relação entre o volume de esgoto coletado em cada município da bacia e a população atendida pela coleta no município (Fórmula 8).</p> $\text{Geração_esgoto_per_capita}_i = \frac{\text{volume_coletado}_i (\text{m}^3 / \text{ano})}{\text{população_atendida}_i (\text{hab})} \quad (8)$ <p>Onde, volume_coletado_i = volume total de esgoto coletado no município <i>i</i> da bacia; população_atendida_i = população total atendida pelo serviço de coleta de esgoto no município <i>i</i> com sede na bacia; Geração_esgoto_per_capita_i = volume de esgoto gerado por cada habitante do município <i>i</i>.</p> <p>Compreende-se que quanto menor a geração de esgoto <i>per capita</i>, menores as pressões ambientais e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que esse indicador varia entre 10 (valor mínimo) e 100 m³.hab⁻¹.ano⁻¹ (valor máximo), de acordo com o SNIS que avaliou que mais de 95% da geração de esgoto <i>per capita</i> em 2004 estava entre esses valores (SNIS, 2005). Utiliza-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada município. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido num dado município, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador e caso apresente valor inferior ao mínimo, atribui-se um valor de vulnerabilidade mínima 1.</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4a), para obtenção do valor final do indicador na bacia. As informações sobre volume de esgoto coletado e população atendida estão disponíveis na Pesquisa de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e no Censo Demográfico (2000b), respectivamente.</p>	<p>O volume gerado de esgoto <i>per capita</i> é um importante indicador de pressão sobre os recursos hídricos em uma bacia, pois quanto mais elevado esse volume, maior o volume de água necessário para diluição e depuração da matéria orgânica e nutrientes presentes no esgoto. Um elevado volume de esgoto pode acarretar a eutrofização de corpos lânticos, além de comprometer as reservas hídricas para consumo humano, escassas em regiões semi-áridas.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 1 - EXPOSIÇÃO		
1.4 Geração de lixo per capita	Avalia a intensidade de geração de lixo em uma bacia, através da relação entre a massa diária coletada de lixo (kg) e a população atendida pela coleta. A geração de lixo <i>per capita</i> em um município com sede na bacia é calculada pela Fórmula 9.	A massa de lixo gerada é fonte de poluição do ar, da água e do solo. Quanto maior a massa de lixo gerada maiores áreas são necessárias para a correta disposição final em aterros sanitários ou maior número de incineradores. Esse indicador de pressão ambiental é utilizado pela OECD (2002a).
	$Geração_lixo_i = \frac{lixo_coletado_i (kg / dia)}{população_atendida_i (hab)} \quad (9)$	
	<p>onde,</p> <p>lixo_coletado_i = quantidade total de lixo coletado por dia em um município i com sede na bacia;</p> <p>população_atendida_i = quantidade de pessoas atendidas pelo serviço de coleta no município i com sede na bacia;</p> <p>Geração_lixo_i = quantidade de lixo coletado por habitante num município i da bacia.</p>	
	<p>Compreende-se que quanto menor a geração de lixo <i>per capita</i>, menores as pressões ambientais e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que esse indicador varia ente 0,1 (valor mínimo) e 1,5 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ (valor máximo), de acordo com informações sobre a geração de lixo <i>per capita</i> para algumas sedes municipais brasileiras do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (SNIS, 2006). Utiliza-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada município. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido num dado município, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador. Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4a), para obtenção do valor final do indicador na bacia. A fonte de informação sobre massa coletada de lixo municipal é a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e sobre população atendida pelo serviço de coleta é o Censo Demográfico (IBGE, 2000b).</p>	

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 1: EXPOSIÇÃO		
1.5 Demanda Hídrica per capita	<p>Avalia a intensidade de utilização dos recursos hídricos em uma bacia, através da relação entre demanda hídrica global, referente a todos os usos consuntivos (consumo humano, animal, industrial e irrigação) e a população da bacia, estimada pelos municípios com sedes na mesma.</p> <p>A demanda hídrica é estimada considerando-se índices de consumo humano <i>per capita</i> por faixa populacional, consumo animal por unidade de equivalente animal (BEDA), consumo industrial por número de empregados e consumo de irrigação pela área irrigada (ANA, 2005). A demanda hídrica <i>per capita</i> é calculada pela Fórmula 10.</p>	Uma demanda hídrica elevada pressiona as reservas hídricas, contribuindo para a ocorrência de eventos de escassez. Esse indicador é utilizado para refletir a pressão sobre os recursos hídricos exercida por países pela OECD (OECD, 2002b).

$$Demanda_per_capita = \frac{demanda_municípios_bacia(m^3 / ano)}{população_bacia(hab)} \quad (10)$$

Onde,

demanda_municípios_bacia = retirada total de água de todos os usuários da bacia em um ano, obtida pela soma das demandas para todos os usos dos municípios pertencentes à bacia;

população_bacia = população total dos municípios com sede na bacia;

Demanda_per_capita = demanda hídrica *per capita* na bacia.

Compreende-se que quanto menor a demanda hídrica *per capita*, menores as pressão exercida sobre as reservas hídricas e menor a vulnerabilidade. Considera-se que esse indicador varia ente 30 (valor mínimo) e 1.500 m³.hab⁻¹.ano⁻¹ (valor máximo), de acordo com valores observados por Rebouças (2002a) para os estados brasileiros. Utiliza-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador. As fontes de informação sobre demanda hídrica de bacias hidrográficas são os planos de bacias hidrográficas, os planos estaduais de recursos hídricos e a base de dados da Agência Nacional de Água.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 2 - SENSIBILIDADE		
2.1 Áreas Prioritárias para Conservação	<p data-bbox="459 303 1680 422">Avalia a existência de áreas consideradas prioritárias para conservação da biodiversidade na bacia. As áreas são classificadas em cinco classes de prioridade: área não contempladas como prioritária; área insuficientemente conhecida; mas de provável importância; área de alta importância biológica; área de muito alta importância biológica, e; área de extrema importância biológica (MMA, 2006).</p> <p data-bbox="459 426 1680 518">Considera-se que quanto maior a área considerada prioritária para conservação em uma bacia, maior a sua vulnerabilidade quanto à degradação. Assim, é atribuído um valor de vulnerabilidade para cada uma das cinco classes de prioridade possíveis de serem encontrados numa bacia:</p> <ul data-bbox="504 521 1456 670" style="list-style-type: none"> - Área não contemplada como prioritária, vulnerabilidade = 1,2; - Área insuficientemente conhecida, mas de provável importância, vulnerabilidade = 1,4; - Área de alta importância biológica, vulnerabilidade = 1,6; - Área de muito alta importância biológica, vulnerabilidade = 1,8; - Área de extrema importância biológica, vulnerabilidade = 2. <p data-bbox="459 673 1680 758">Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual ocupado por cada área sujeita a uma determinada classe de prioridade pelo valor de vulnerabilidade atribuído a classe, para obtenção do valor final de vulnerabilidade para esse indicador na bacia.</p> <p data-bbox="459 761 1680 852">A fonte de informação sobre áreas prioritárias é o Mapa de Áreas Prioritárias para Conservação (MMA, 2006) desenvolvido pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica (PROBIO), do Ministério do Meio Ambiente.</p>	<p data-bbox="1702 303 2107 821">As áreas foram definidas para cada bioma considerando aspectos relacionados à importância biológica e às pressões antrópicas existentes nas diferentes regiões. Dentre os aspectos ecológicos considerados para delimitação das áreas, destacam-se: ocorrência de endemismo, de espécies raras e ameaçadas, de espécies migratórias e de interesse econômico, além de locais de uso cultural ou tradicional (MMA, 2002a). Áreas de extrema importância biológica são as mais ricas em termos de biodiversidade e dessa forma, as mais sensíveis caso degradadas.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 2 - SENSIBILIDADE		
2.2 Aptidão Agrícola	<p>A aptidão agrícola da terra avalia a potencialidade das classes de solo ao uso agrícola. Esse indicador determina a vulnerabilidade da bacia a terras inaptas para agricultura, ponderando-se a área ocupada por cada classe de solo pelo valor de vulnerabilidade atribuído ao grupo de aptidão agrícola ao qual a classe de solo pertence.</p> <p>O estudo de aptidão realizado pela Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola – SUPLAN do Ministério da Agricultura em 1979 (MA, 1979) para os diversos estados brasileiros é a base para esse indicador. Esse estudo considera na análise de aptidão agrícola características do solo como: textura, estrutura, acidez, fertilidade, teor de matéria orgânica, drenagem, permeabilidade, quantidade de sais e profundidade do solo. Além dos fatores relacionados às características do solo, também são considerados o clima (definido pela precipitação), o relevo (declividade) e o tipo de vegetação natural da área (floresta, campo, caatinga, cerrado, mangue, praias e dunas) no estudo das limitações de cada classe de solo quanto à deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.</p> <p>A cada classe de solo é atribuído um grupo de aptidão agrícola, pertencendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ao grupo 1, solos com aptidão boa para lavoura em pelo menos um dos níveis de manejo (baixo, médio e alto); - ao grupo 2, solos com aptidão regular para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo; - ao grupo 3, solos com aptidão restrita para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo; - ao grupo 4, solos com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada; - ao grupo 5, solos com aptidão boa, regular ou restrita para silvicultura e ou pastagem natural; - ao grupo 6, terras sem aptidão para uso agrícola. <p>A definição dos valores de vulnerabilidade de cada grupo de aptidão agrícola considera que quanto maior o valor do grupo ao qual um solo pertence, maior a sua sensibilidade e vulnerabilidade quanto à atividade agrícola:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo 1, vulnerabilidade = 1; - Grupo 2, vulnerabilidade = 1,2; - Grupo 3, vulnerabilidade = 1,4; - Grupo 4, vulnerabilidade = 1,6; - Grupo 5, vulnerabilidade = 1,8; - Grupo 6, vulnerabilidade = 2. <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada grupo de aptidão pelo valor de vulnerabilidade atribuído ao grupo de aptidão, para obtenção do valor final de vulnerabilidade para esse indicador na bacia.</p>	<p>A análise de aptidão do solo indica solos mais ou menos susceptíveis a erosão, compactação, acidez e salinização, através da consideração de diversos parâmetros, como textura, teor de sais, matéria orgânica e drenagem. Solos de maior aptidão agrícolas são aqueles indicados para lavouras com pouca ou nenhuma limitação de fertilidade, de excesso ou falta de água no solo, de erosão e de mecanização.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 2 - SENSIBILIDADE		
2.3	Avalia a intensidade das chuvas em uma região, pela relação entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso (número de meses de chuva em um ano). A intensidade da chuva é obtida pela aplicação da Fórmula 11 em cada posto de monitoramento da pluviometria numa bacia.	A intensidade pluviométrica é um parâmetro importante na avaliação da erosividade da chuva e susceptibilidade de uma área à erosão hídrica pelo escoamento superficial, não tendo sido considerado na avaliação da susceptibilidade à erosão feita no estudo da aptidão agrícola. De acordo com Crepani, Medeiros e Palmeira (2004), uma grande lâmina de água precipitada em um curto intervalo de tempo conduz a uma situação onde a quantidade de água disponível para o escoamento superficial é muito grande, e, portanto, é maior a capacidade de erosão. Assim, quanto maior a intensidade da chuva, maior seu potencial erosivo.
Intensidade Pluviométrica		

$$Intensidade_pluviométrica_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \frac{Pluviosidade_anual_j}{\left(\frac{Dias_com_chuva_j}{30} \right)} \right)}{n} \quad (11)$$

onde,

i = posto *i* próximo ou na bacia;

j = ano *j* de monitoramento de uma dado posto *i*;

n = número de anos de observação;

Pluviosidade_anual_j = lâmina de água (mm) precipitada em um ano *j*;

Dias_com_chuva_j = número de dias com chuva num ano *j*;

Intensidade_pluviométrica_i = intensidade pluviométrica da chuva no posto *i*.

Compreende-se que quanto menor a intensidade pluviométrica, menor a sensibilidade do meio à erosão hídrica e a compactação do solo, sendo menor a vulnerabilidade. Considera-se que esse indicador varia ente 50 (valor mínimo) e 525 mm/mês (valor máximo), de acordo com a classificação utilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CREPANI; MEDEIROS; PALMEIRA, 2004). Utiliza-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada posto de monitoramento. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido num dado posto, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador.

Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área de abrangência de um posto de monitoramento pela vulnerabilidade encontrada para a intensidade pluviométrica no posto (Fórmula 4a), para obtenção do valor final do indicador na bacia. A área de abrangência de cada posto de monitoramento é delimitada pelo cálculo dos Polígonos de Thiessen. Os dados sobre precipitação diária podem ser obtidos junto às instituição que trabalham com meteorologia ou junto à ANA.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 2 - SENSIBILIDADE		
2.4 Qualidade da água de irrigação	<p>Avalia a qualidade da água disponível para irrigação na bacia, pelos parâmetros salinidade e sodicidade. A vulnerabilidade do solo à água de irrigação é avaliada pelo risco de salinização ou sodificação do solo.</p> <p>A salinidade da água de irrigação é avaliada pela condutividade elétrica (CE) (AYRES, WESTCOT, 1991). Compreende-se que quanto menor a CE, menor a sensibilidade do meio à salinização do solo pela água de irrigação, sendo menor a vulnerabilidade quanto à salinidade. Considera-se que a CE varia entre 0,1 (valor mínimo) e 3dS.m⁻¹ (valor máximo), de acordo de Ayers e Westcot (1991). Utiliza-se a Fórmula 4a para a normalização dos valores encontrados para a CE em cada posto de monitoramento. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido num dado posto, atribui-se um valor de vulnerabilidade máxima 2 ao indicador.</p> <p>A avaliação da sodicidade combina os valores de CE e razão de adsorção de sódio (RAS^o), onde para uma mesma RAS^o o risco de sodicidade será menor quanto maior a CE (AYRES, WESTCOT, 1991). A RAS^o é obtida de acordo com Ayers e Westcot (1991). O valor normalizado da vulnerabilidade referente a sodicidade em um dado posto de monitoramento, é obtido pelo uso da Tabela 13. As classes de vulnerabilidade foram definidas de acordo com a classificação de qualidade da água para irrigação quanto a sodicidade, adotada por Ayers e Westcot (1991), que combina valores de CE e RAS na análise do risco de sodicidade da água.</p>	<p>O risco de salinização e sodificação do solo é usualmente avaliado pela análise da salinidade e da sodicidade da água de irrigação, conforme Ayres e Westcot (1991).</p>

TABELA 13 – Classes de vulnerabilidade quanto à sodicidade da água de irrigação

	Valor de vulnerabilidade quanto a sodicidade num posto de monitoramento		
	1 (Baixa)	1,5 (Média)	2 (muito alta)
Razão de Adsorção de Sódio (RAS ^o)	Condutividade Elétrica (CE _i) (dS/m)		
0 a 3	> 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
3 a 6	> 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
6 a 12	> 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
12 a 20	> 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
20 a 40	> 5	5 a 2,9	< 2,9

O valor final da vulnerabilidade em cada posto é obtido pelo maior valor de vulnerabilidade obtido para CE e RAS no local. Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área de abrangência de um posto de monitoramento pela vulnerabilidade encontrada para o posto, para obtenção do valor final de vulnerabilidade do indicador na bacia. A área de abrangência de cada posto de monitoramento é delimitada pelo cálculo dos Polígonos de Thiessen. A fonte dos dados de CE e RAS são os órgãos estaduais de meio ambiente e gestão das águas. Devem ser utilizados valores médios de séries históricas disponíveis de CE e RAS.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 2 – SENSIBILIDADE		
2.5 Aridez do clima	<p data-bbox="461 300 1682 419">Avalia a classe climática média da bacia por meio da média ponderada das áreas com determinada classe climática pela vulnerabilidade imputada a determinada classe. A definição dos valores de vulnerabilidade de cada classe climática na bacia considera que quanto mais árida é uma região, maior a sua sensibilidade e vulnerabilidade quanto à aridez do clima:</p> <ul data-bbox="510 427 1301 547" style="list-style-type: none"> - Áreas não contempladas no mapa, vulnerabilidade = 1; - Áreas de entorno das regiões áridas e semi-áridas, vulnerabilidade = 1,4; - Subúmido seco, vulnerabilidade = 1,6; - Semi-árido, vulnerabilidade = 1,8 <p data-bbox="461 555 1682 635">Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada classe climática pelo valor de vulnerabilidade atribuído à classe climática, para obtenção do valor final de vulnerabilidade para esse indicador na bacia.</p> <p data-bbox="461 643 1682 761">A fonte de informação sobre aridez no Brasil é o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-BRASIL (2004), que contém a lista dos municípios brasileiros de clima semi-árido e subúmido-seco. Esses dados estão georreferenciados no Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação no Semi-árido (MMA, 2004).</p>	<p data-bbox="1709 300 2107 730">A aridez do clima contribui para escassez hídrica, concentração de sais no solo, principalmente o irrigado, e para o desenvolvimento de processos de desertificação, quando da retirada da vegetação. É utilizado pela ONU na identificação de áreas de escassez hídrica e na avaliação de áreas susceptíveis à desertificação. O Índice Municipal de Alerta do Ceará, utilizado para identificar regiões críticas quanto à ocorrência de secas, também considera a aridez na sua avaliação.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.1 Áreas em Unidades de Conservação	<p>Avalia o compromisso dos municípios da bacia com a conservação da biodiversidade, pela delimitação de unidades de conservação, definidas pela legislação federal, estadual e municipal. Esse indicador pondera o percentual de cada área de conservação por um peso que representa a vulnerabilidade de cada tipo de área quanto à degradação ambiental.</p> <p>São consideradas três tipos de áreas numa bacia: área em unidade de conservação de “proteção integral” (ecossistema mais protegido e menos vulnerável), área em unidade de conservação de “uso sustentável” (ecossistema menos protegido e área mais vulnerável) e área sem proteção. Considera-se na definição dos valores de vulnerabilidade, que áreas “sem proteção” representam uma baixa capacidade de resposta e uma alta vulnerabilidade ambiental, áreas de “proteção integral” são menos vulneráveis à perda da biodiversidade e demais questões ambientais advindas dessa perda, como erosão e escassez hídrica, enquanto áreas de “uso sustentável” trazem alguma proteção, refletindo numa vulnerabilidade média:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Área de proteção integral, vulnerabilidade = 1,2; - Área de uso sustentável, vulnerabilidade = 1,5; - Área sem proteção, vulnerabilidade = 2. <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada tipo de unidade de conservação pelo valor de vulnerabilidade atribuído ao tipo de unidade de conservação, para obtenção do valor final de vulnerabilidade para esse indicador na bacia.</p> <p>As fontes de informação sobre a área ocupada pelas unidades de conservação federais e sua localização são o IBAMA, o IBGE e as secretarias estaduais de meio ambiente.</p>	<p>Áreas em unidades de conservação recebem uma maior proteção dos órgãos ambientais contra o desmatamento. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, as unidades de conservação podem pertencer a duas categorias: de proteção integral e de uso sustentável. O objetivo básico das unidades de “proteção integral” é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos em lei. Essa categoria é composta pelas seguintes unidades de conservação: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. As unidades de “uso sustentável” têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Fazem parte dessa categoria as unidades de conservação: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.</p> <p>Assim, a proteção da vegetação natural é maior em unidades de “proteção integral” do que em áreas de “uso sustentável”. O percentual da área de um ecossistema que está protegido em unidades de conservação é um indicador de resposta social a problemas de perda de biodiversidade utilizado pela OECD (1993).</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.2 Conservação do solo	<p>Avalia o compromisso dos municípios com a conservação do solo, pela prática das seguintes ações: combate ou controle da salinização do solo, combate e/ou controle a processos erosivos, fiscalização ou controle do uso de fertilizantes e agrotóxicos, incentivo à promoção e práticas de agricultura orgânica e recuperação de áreas degradadas.</p> <p>Para cada município com sede na bacia, avalia-se seu compromisso com a conservação do solo pela Fórmula 12, que realiza uma média do número de ações de conservação adotados num município.</p>	O controle da salinização e erosão, a fiscalização no uso de agroquímicos em conjunto com o incentivo à prática de agricultura orgânica e a recuperação de áreas degradadas são ações que repercutem diretamente na qualidade do solo agrícola, com benefícios a todo o ambiente.

$$Conservação_solo_município_i = \frac{número_de_ações}{5} * 100 \quad (12)$$

Onde,

número_de_ações = número de ações de gestão do solo (combate ou controle da salinização do solo, combate e/ou controle a processos erosivos, fiscalização ou controle do uso de fertilizantes e agrotóxicos, incentivo à promoção e práticas de agricultura orgânica e recuperação de áreas degradadas) praticadas por um município i ;

Conservação_solo_município $_i$ = valor da gestão do solo no município i , avaliando-se a ocorrência das cinco ações de gestão do solo consideradas;

Compreende-se que quanto maior o número de ações de conservação do solo adotadas pelo município, maior a resposta social e menor a vulnerabilidade. Considera-se que esse indicador varia entre 0% (valor mínimo) e 100% (valor máximo), utilizando-se a Fórmula 4b para a normalização dos valores encontrados para o indicador em cada município.

Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4b), para obtenção do valor final do indicador na bacia.

A fonte dessa informação para municípios é a Pesquisa “Perfil dos Municípios Brasileiros” (IBGE, 2002). Essa pesquisa fornece informações em nível municipal. Assim, devem-se definir quais municípios possuem sedes municipais na bacia em estudo.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.3 Acesso à água tratada	<p>Avalia o acesso da população de uma bacia à rede de abastecimento de água e ao tratamento convencional de água. O acesso à rede de abastecimento de água é avaliado pela relação entre o total de pessoas com acesso a um sistema de abastecimento e o total da população de um município (Fórmula 13). O acesso ao tratamento convencional de água avalia o fornecimento de tratamento convencional, pela relação entre o volume diário de água distribuída e o volume total de água que recebe tratamento convencional (tratamento envolvendo no mínimo floculação, decantação, filtração e desinfecção) em um município da bacia (Fórmula 14).</p> $Acesso_abastecimento_i = \frac{população_acesso_água_i(hab)}{população_município_i(hab)} * 100 \quad (13)$ <p>Onde, população_acesso_água_i = total de habitantes com acesso a rede de abastecimento de água no município <i>i</i> com sedes na bacia; população_município_i = total da população no município <i>i</i> da bacia; Acesso_abastecimento_i = percentual da população com acesso a rede de abastecimento de água no município <i>i</i>;</p> $Tratamento_convencional_i = \frac{volume_água_tratada_i(m3/dia)}{volume_água_distribuída_i(m3/dia)} * 100 \quad (14)$ <p>Onde, volume_água_tratada_i = volume total de água que recebe tratamento convencional no municípios <i>i</i> com sede na bacia; volume_água_distribuída_i = volume total de água distribuída pela rede de abastecimento no município <i>i</i> com sede na bacia; Tratamento_convencional_i = percentual da água distribuída pela rede de abastecimento que recebe tratamento convencional no município <i>i</i>.</p>	<p>O acesso à água tratada é fundamental à saúde da população, em especial em locais onde as águas encontram-se poluídas pelo lançamento de esgotos e poluição difusa oriunda de atividades agrícolas. Entretanto, um grande acesso à rede de abastecimento de água não garante que o volume coletado recebeu tratamento convencional, necessário em bacias cujos rios são classificados como Classe 2 pela Resolução CONAMA 357, de 17/03/2005 (rios sem classificação são considerados Classe 2 por essa resolução). Dessa forma, é necessário considerar o volume de água que recebe tratamento convencional. O tratamento convencional de água reduz a quantidade de sólidos suspensos e a contaminação bacteriológica encontrada em águas receptoras de dejetos humanos e animais, minimizando a pressão exercida pela geração de esgoto pela população dos municípios de uma bacia.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.3 Acesso à água tratada (cont.)	<p>A definição das classes de vulnerabilidade considerou que quanto maior o acesso à rede de abastecimento de água e ao tratamento convencional da água distribuída, maior a resposta social à problemática do saneamento básico e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que tanto o percentual de acesso à rede de água, como o percentual de acesso tratamento convencional da água variam entre 0 (valor mínimo) e 100% (valor máximo). Utiliza-se a Fórmula 4b para a normalização dos valores encontrados para esses dois indicadores em cada município.</p> <p>A vulnerabilidade final de cada município com sede na bacia quanto à problemática da água é dada pela média aritmética das vulnerabilidades de acesso à rede de água e ao tratamento convencional da água.</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador, para obtenção do valor final do indicador na bacia.</p> <p>As informações utilizadas estão disponíveis na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2000a) e no Censo Demográfico (IBGE, 2000b).</p>	<p>O acesso à água e a seu tratamento adequado é um indicador de desenvolvimento sustentável utilizado pelo IBGE e pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.</p>
3.4 Acesso à coleta e ao destino adequado do lixo	<p>Avalia o acesso da população da bacia a coleta e ao destino adequado do lixo coletado. O acesso à coleta do lixo, que avalia o percentual da população com acesso a coleta de lixo em um município da bacia, é calculado utilizando a Fórmula 15, enquanto o acesso ao destino adequado do lixo, que avalia o percentual do lixo coletado com destino adequado, é calculado pela Fórmula 16.</p> $Acesso_lixo_i = \frac{população_atendida_i}{população_município_i} * 100 \quad (15)$ <p>Onde, população_atendida_i = população atendida pela coleta de lixo no município i com sede na bacia; população_município_i = população total do município i com sede na bacia; Acesso_lixo_i = percentual da população com acesso a coleta de lixo no município;</p> $Destino_lixo_i = \frac{quantidade_destino_adequado_i(t/dia)}{quantidade_lixo_coletado_i(t/dia)} * 100 \quad (16)$ <p>Onde, quantidade_destino_adequado_i = quantidade de lixo destinado a aterros, estações de triagem, reciclagem, compostagem e incineração no município i, com sede na bacia; quantidade_lixo_coletado_i = quantidade total de lixo coletado no município i; Destino_lixo = percentual do lixo coletado que possui destino adequado no município i.</p>	<p>Resíduos não coletados ou coletados e encaminhados a locais inadequados acarretam problemas de saúde pública, além de contaminação ambiental. O acesso e o destino adequado do lixo são indicadores de desenvolvimento sustentável utilizados pelo IBGE e pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.4 Acesso à coleta e ao destino adequado do lixo (cont.)	<p>A definição das classes de vulnerabilidade considerou que quanto maior o acesso à coleta e ao destino adequado do lixo, maior a resposta social à problemática dos resíduos sólidos e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que tanto o percentual de acesso à coleta de lixo, como o percentual de acesso ao destino adequado do lixo variam entre 0 (valor mínimo) e 100% (valor máximo). Utiliza-se a Fórmula 4b para a normalização dos valores encontrados para esses dois indicadores em cada município.</p> <p>A vulnerabilidade final de cada município com sede na bacia quanto à problemática do lixo é dada pela média aritmética das vulnerabilidades de acesso e destino do lixo.</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade final encontrada para esse indicador em cada município, para obtenção do valor final do indicador na bacia.</p> <p>As fontes de informação para esse índice são o Censo Demográfico (IBGE, 2000b) e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a).</p>	
3.5 Acesso a esgotamento sanitário	<p>Avalia o acesso à rede coletora de esgoto (rede coletora pública e fossa séptica) na bacia. O acesso a esgotamento sanitário em um município da bacia é avaliado pelo uso da Fórmula 17, que avalia o percentual da população com acesso a rede de esgotamento.</p> $Acesso_esgotamento_i = \frac{população_esgoto_coletado_i(hab)}{população_município_i(hab)} * 100 \quad (17)$ <p>Onde, população_esgoto_coletado_i = total de habitantes com acesso a coleta de esgoto pela rede pública ou fossa séptica no município <i>i</i> com sede na bacia; população_município_i = total da população no município <i>i</i>; Acesso_esgotamento_i = percentual da população com acesso a coleta de esgoto no município <i>i</i>.</p> <p>A definição das classes de vulnerabilidade considerou que quanto maior o acesso a esgotamento sanitário, maior a resposta social à problemática dos efluentes líquidos e menor a vulnerabilidade da bacia. Considera-se que o percentual de acesso a esgotamento sanitário varia entre 0 (valor mínimo) e 100% (valor máximo). Utiliza-se a Fórmula 4b para a normalização dos valores encontrados para esse indicador em cada município.</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador no município (Fórmula 4b), para obtenção do valor final do indicador na bacia.</p> <p>As informações relativas à população atendida por serviços de coleta e à população total de municípios encontram-se disponíveis na base de dados do IBGE, na pesquisa Censo Demográfico (IBGE, 2000b).</p>	<p>O acesso à coleta de esgoto mostra uma resposta efetiva da sociedade para melhoria das condições de saneamento básico e redução da carga poluidora nos corpos hídricos. Apesar de um grande acesso à coleta de esgoto não significar que o volume coletado foi devidamente tratado, são escassas as informações sobre o volume de esgoto coletado e sobre o tratamento sanitário recebido na maioria dos municípios brasileiros. O acesso a esgotamento sanitário é um indicador utilizado pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.</p>

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.6 Disponibilidade hídrica per capita	Avalia a disponibilidade ou a oferta de água para a população, resultante de investimentos no armazenamento e acesso a reservas hídricas. A disponibilidade hídrica <i>per capita</i> é medida através da divisão da vazão média anual pela população total de uma bacia (Fórmula 18).	A Disponibilidade hídrica <i>per capita</i> expressa uma resposta do planejamento hídrico às necessidades de consumo em uma bacia.

$$Disponibilidade_hídrica = \frac{Vazão_média(m^3 / ano)}{população_bacia(hab)} \quad (18)$$

Onde,

Vazão_média = vazão regularizada anual com no mínimo 90% de garantia, em rios perenizados, ou a vazão com 95% de permanência, em rios perenes.

População_bacia = população total da bacia;

Disponibilidade_hídrica = disponibilidade de água na bacia *per capita*.

Compreende-se que quanto menor a disponibilidade hídrica *per capita*, menor a capacidade de resposta quanto à oferta hídrica e maior a vulnerabilidade. Considera-se que esse indicador varia ente 0 (valor mínimo) e $100.000 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (valor máximo), de acordo com valores adotados pela ANA para avaliação das disponibilidades hídrica nas bacias hidrográficas brasileiras (ANA, 2005). Utiliza-se a Fórmula 4b para a normalização dos valores encontrados para o indicador. Caso o indicador apresente valor superior ao valor máximo estabelecido, atribui-se um valor de vulnerabilidade mínima 1 ao indicador.

As informações sobre disponibilidade hídrica podem ser obtidas nos planos de bacias, nos planos estaduais de recursos hídricos, assim como na base de dados da ANA.

TABELA 12 – Descrição dos indicadores de vulnerabilidade ambiental (Cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa
Critério 3 – CAPACIDADE DE RESPOSTA		
3.7 IDH-M	<p>Avalia o nível de desenvolvimento humano dos municípios com sede na bacia. O IDH-M de cada município com sede na bacia é obtido pela média aritmética de três indicadores: educação (taxa de alfabetização de pessoas acima de 4 anos de idade, com peso 2; a taxa bruta de frequência à escola, com peso 1), saúde (esperança de vida ao nascer) e renda (renda municipal <i>per capita</i>). O IDH-M varia entre 0 e 1. Considera-se que quanto maior o IDH-M, melhor a capacidade de resposta das pessoas que habitam na bacia frente aos problemas ambientais e menor sua vulnerabilidade ambiental. Como o IDH-M é um valor normalizado, mas varia inversamente a vulnerabilidade (quanto maior seu valor, menor a vulnerabilidade), utiliza-se o valor complementar do IDH-M (Fórmula 19) no cálculo da vulnerabilidade de cada município, sendo acrescido ainda o valor “1”, para que a escala seja a utilizada nesse trabalho, de 1 a 2, e não de 0 a 1, como é a escala original do IDH-M.</p> $Valor_i = (1 - IDH - M_i) + 1 \quad (19)$ <p>Onde, IDH-M_i = valor encontrado para o IDH-M de um município <i>i</i> com sede na bacia; Valor_i = Valor da vulnerabilidade do município <i>i</i>, quanto ao IDH-M;</p> <p>Utiliza-se a Fórmula 5, que pondera o percentual da área ocupada por cada município pela vulnerabilidade encontrada para esse indicador, para obtenção do valor final do indicador na bacia.</p> <p>O IDH-M foi desenvolvido e é utilizado pelo Programa das Nações para o Desenvolvimento (PNUD). Os dados de IDH-M estão disponíveis para todos os municípios brasileiros no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000).</p>	<p>A pobreza, aqui representada por um baixo IDH-M, inibe ações sociais relativas ao controle, minimização e recuperação do meio ambiente. Uma maior longevidade, renda e nível educacional possibilitam a uma dada comunidade melhor atuar frente às questões socioambientais que a circundam.</p>

4.2.2.2 Agregação dos indicadores em critérios de Vulnerabilidade Ambiental

Os indicadores de vulnerabilidade são agregados inicialmente nos critérios exposição, sensibilidade e capacidade de resposta, de forma linear, pela média ponderada dos indicadores pertencentes a cada categoria (Fórmula 20). Considera-se que cada indicador tem o mesmo peso na composição do critério ao qual pertença.

$$\text{Critério}_c = \sum_{i=1}^n \text{peso}_i * \text{Vulnerabilidade_Indicador}_i \quad (20)$$

Onde,

c = critério em análise. Assume valores 1 (exposição), 2 (sensibilidade) ou 3 (capacidade de resposta);

n = número de indicadores que compõem um dado critério;

peso_i = peso do indicador i no critério c ;

$\text{Vulnerabilidade_Indicador}_i$ = valor normalizado do indicador i de vulnerabilidade ambiental numa bacia;

Critério_c = valor de vulnerabilidade do critério c (exposição, sensibilidade ou capacidade de resposta).

4.2.2.3 Agregação dos critérios no Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia

O índice final de vulnerabilidade será composto pela média ponderada dos valores atribuídos aos critérios (Fórmula 21) pelo peso de cada um. Considera-se que cada critério tem o mesmo peso na avaliação, uma vez que são igualmente importantes no estudo da vulnerabilidade de um sistema à degradação ambiental.

$$\text{Índice_Vulnerabilidade_bacia} = \sum_{i=1}^3 \text{peso}_c * \text{Critério}_c \quad (21)$$

Onde,

c = número de critérios, que é 3;

peso_c = peso do critério na formação do índice;

Critério_c = valores dos critérios exposição, sensibilidade e capacidade de resposta;

$\text{Índice_Vulnerabilidade_bacia}$ = índice de vulnerabilidade de uma bacia.

4.2.3 Avaliação de Desempenho Ambiental de uma etapa do ciclo de vida de uma tecnologia

A avaliação do desempenho ambiental de uma inovação numa etapa do seu ciclo de vida é realizada por um conjunto de indicadores, organizados em critérios, e esses, em princípios de desempenho ambiental, de acordo com a estrutura apresentada na Figura 74. Desses indicadores, alguns são comuns às atividades agrícolas, agroindustriais e de descarte de resíduos, e outros são próprios de cada atividade.

A Tabela 14 apresenta a descrição de cada indicador proposto, com a justificativa para sua escolha, a informação sobre sua utilização no Sistema Ambitec-Agro (módulos Agricultura e Agroindústria), a informação sobre se é realizado o seu ajuste à unidade funcional e a sua ponderação pelo índice de vulnerabilidade ambiental da bacia, a unidade de medida utilizada, a indicação de pertinência às atividades agrícola, agroindustrial e de disposição de resíduos, e a sua forma de normalização.

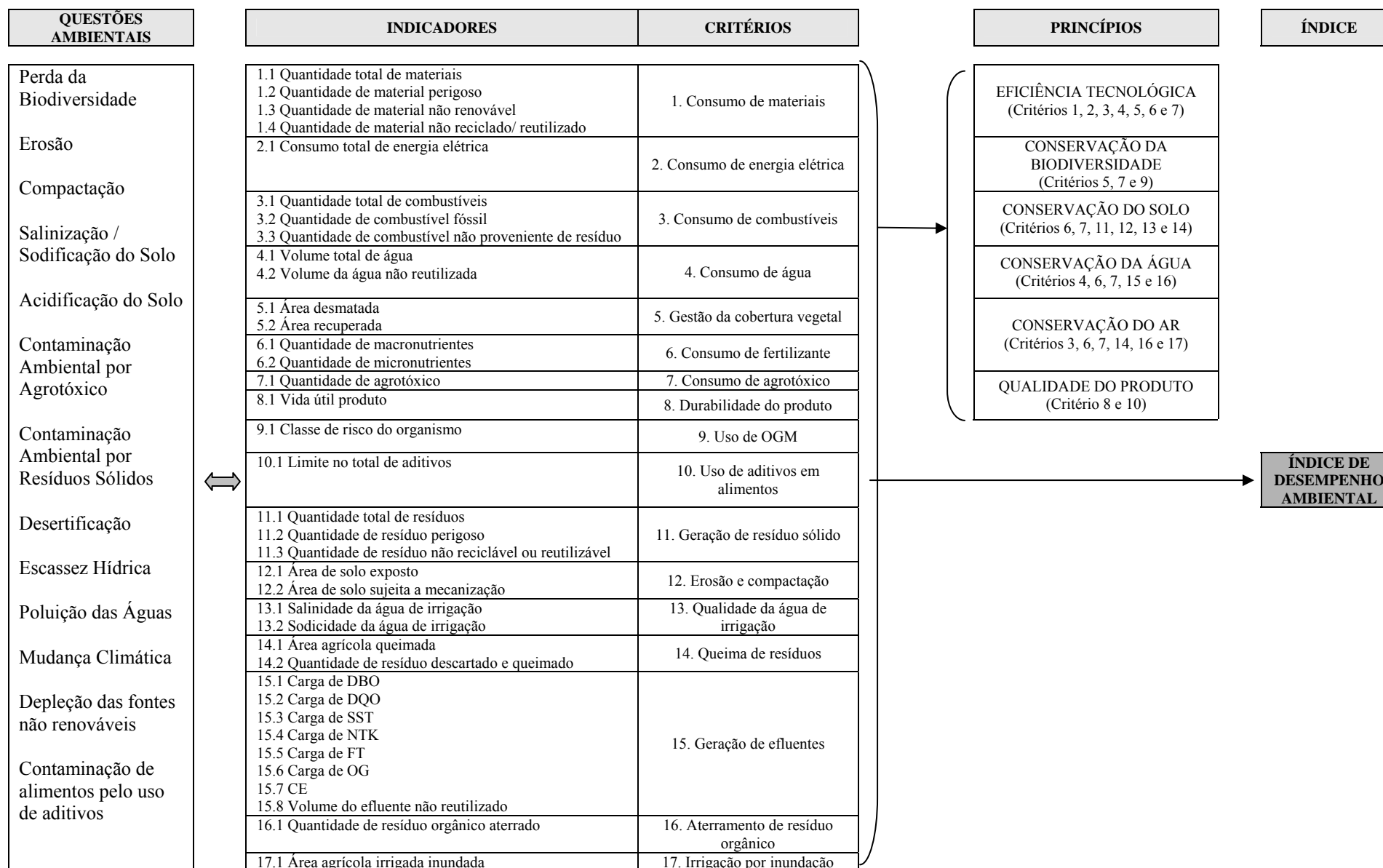


FIGURA 74 - Estrutura de organização dos indicadores utilizados na avaliação de Desempenho Ambiental de tecnologias

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 1. CONSUMO DE MATERIAIS							
1.1 Quantidade total de materiais	Avalia a massa da matéria-prima principal de um produto tecnológico. Nas etapas de uso e de descarte do produto, o material é o próprio produto. Não considerar nesse item, o consumo de água e agroquímicos, que devem ser considerados nos indicadores dos itens 4.1, 6.1, 6.2 e 7.1.	Em uma produção eficiente, busca-se reduzir o consumo de matéria-prima para atender uma determinada unidade funcional.	Sim,	em A, NP	Agricultura	kg	↓↑
			“quantidade de matéria-prima”		Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
1.2 Quantidade de material perigoso	Avalia a quantidade da massa de matéria-prima utilizada por um produto que é material perigoso (Classe I), de acordo com a Norma Brasileira de Referência - NBR 10004 (ABNT, 2004c).	De acordo com os princípios de ecoeficiência e ecologia industrial, deve-se reduzir o uso de substâncias tóxicas ao longo do ciclo de vida de produtos.	Não	A, NP	Agricultura	kg	↓↑
					Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
1.3 Quantidade de material não renovável	Avalia a quantidade da massa de matéria-prima utilizada por um produto que não é proveniente de fonte renovável.	De acordo com os princípios de ecoeficiência, ecologia industrial, e devido ao esgotamento das fontes minerais de matéria e energia, deve-se privilegiar o uso de materiais renováveis.	Não	A, NP	Agricultura	kg	↓↑
					Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	Avalia a quantidade da massa de materiais utilizada por um produto que não é proveniente de material reciclado ou reutilizado. Quando o material é descartado, avalia-se quanto da massa é reutilizada, reciclada ou compostada no processo de disposição. Considera-se que reciclagem “é o resultado de uma série de atividades, pela qual materiais que se tornariam lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos” (D’ALMEDA, VILHENA, 2000, pg. 81)	De acordo com os princípios de ecoeficiência e ecologia industrial, e devido ao esgotamento das fontes minerais de matéria e energia, devem-se aumentar os fluxos de reuso e reciclagem ao longo do ciclo de vida de produtos.	Não	A, NP	Agricultura	kg	↓↑
					Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA							
2.1 Consumo total de energia elétrica	Avalia o consumo de energia elétrica (kWh) necessário ao funcionamento de equipamentos.	Em uma produção eficiente, busca-se reduzir o consumo de energia para atender uma determinada unidade funcional.	Sim, em	A, NP	Agricultura Agroindústria Descarte	kWh	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS							
3.1 Quantidade total de combustíveis	Avalia o volume de combustível (gasolina, diesel, gás natural, carvão mineral, biocombustível) utilizado por máquinas ou veículos.	Em uma produção eficiente, busca-se reduzir o consumo de combustível para atender uma determinada unidade funcional.	Sim, em	A, NP	Agricultura Agroindústria Descarte	L	↓↑ Fórmula 24b
3.2 Quantidade de combustível fóssil	Avalia quanto do total de combustível consumido é de fontes fósseis, utilizado por máquinas ou veículos. Esse indicador é apresentado na avaliação dos princípios de eficiência tecnológica (critério “consumo de energia”) e de conservação do ar, para uma etapa de avaliação. Entretanto é contabilizado apenas uma vez no cômputo do Índice de Desempenho Ambiental de uma etapa e do Índice Final de Desempenho, que envolve todas as etapas.	O consumo de combustíveis fósseis deve ser minimizado, pois além de constituírem fontes não renováveis de energia, quando queimados, liberam gases de efeito estufa. Apesar da queima de biocombustíveis também emitir gases de efeito estufa, por serem renováveis os biocombustíveis sequestram carbono, reduzindo as emissões, quando considerado o balanço total de carbono.	Sim, em	A, NP	Agricultura Agroindústria Descarte	L	↓↑ Fórmula 24b
3.3 Percentual de combustível não proveniente de resíduo ou resto vegetal	Avalia quanto do total de combustível consumido que não é proveniente de resíduos ou restos vegetais, utilizado por máquinas ou veículos.	A reutilização de resíduos deve ser perseguida como um critério de ecoeficiência.	Sim, em	A, NP	Agricultura Agroindústria Descarte	L	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 4. CONSUMO DE ÁGUA							
4.1 Volume total de água	Avalia o volume de água de processo, não inerente à massa do produto.	Embora a água seja um bem renovável, é escassa em muitas regiões, em especial no semi-árido nordestino, devendo seu uso ser minimizado sempre que viável.	Sim,	em A, P	Agricultura	L	↓↑
			“água para irrigação” e		Agroindústria		Fórmula 24b
			“água para processamento”		Descarte		
4.2 Volume da água que não é reutilizada	Avalia o volume de água utilizado que não é proveniente de reúso.	O reúso de água segue os princípios de ecoeficiência e da ecologia industrial, além de reduzir a demanda por esse escasso recurso.	Não	A, P	Agricultura	L	↓↑
					Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
Critério: 5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL							
5.1 Área desmatada	Avalia a área desmatada <u>necessária</u> ao desenvolvimento de uma etapa do ciclo de vida de uma tecnologia.	A modificação no uso da terra considerando a sua condição natural inicial, elimina ou reduz a cobertura vegetal e a biodiversidade da região.	Sim,	em A, P	Agricultura	m ²	↓↑
			“solo para plantio”		Descarte		Fórmula 24b
5.2 Área recuperada	Avalia a área recuperada de solos e/ou vegetação.	A recuperação vai além da conservação ambiental, restaurando ou regenerando áreas degradadas e contribuindo para o aumento da biodiversidade.	Sim,	em A, P	Agricultura	m ²	↑↑
			“variável de recuperação ambiental”		Descarte		Fórmula 24a

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 6. CONSUMO DE FERTILIZANTES							
6.1 Quantidade de macronutrientes	Avalia a massa de macronutrientes utilizada em uma atividade agrícola. Constituem-se macronutrientes, fertilizantes contendo uma ou mais das seguintes substâncias: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.	O excesso de macronutrientes altera as características físico-químicas do solo, podendo inibir a absorção de nutrientes pela planta comprometendo a produção vegetal. A aplicação de nitrogênio contribui a liberação de gases de efeito estufa e para acidificação do solo, enquanto o uso de nitrogênio e fósforo na agricultura contribui para o processo de eutrofização de lagos. Assim, o uso de macronutrientes deve ser minimizado.	Sim, em “NPK hidrossolúvel” e “calagem”	A, P	- Agricultura	g	↓↑ Fórmula 24b
6.2 Quantidade de micronutrientes	Avalia a massa de micronutrientes utilizada em uma atividade agrícola. Constituem-se micronutrientes, fertilizantes contendo uma ou mais das seguintes substâncias: boro, cobalto, zinco, ferro, manganês, molibdênio e cobre.	O excesso de micronutrientes altera as características físico-químicas do solo, podendo inibir a absorção de nutrientes pela planta comprometendo a produção vegetal. O excesso de micronutriente aplicado ao solo acarreta efeito residual, sendo carregado aos corpos d’água pela erosão ou lixiviação. Assim, o uso de micronutrientes deve ser minimizado.	Sim, em “micronutrientes”	A, P	- Agricultura	g	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado Ponderado?*	e Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 7. CONSUMO DE AGROTÓXICO							
7.1 Quantidade de agrotóxico	Avalia a massa de agrotóxico por classe de toxidez (I – muito alta; II - alta; III – média; IV - baixa). À quantidade de agrotóxico de classe I, é multiplicado um fator de ponderação de 0,4, à quantidade de classe II, um fator de 0,3, à quantidade de classe III, um fator de 0,2, e a uma quantidade de classe IV, um fator de 0,1.	O uso de agrotóxicos causa contaminação ambiental, devendo ser reduzido seu consumo, principalmente quando é do tipo mais tóxico.	Avalia a quantidade total de agrotóxico, mas não pondera pela toxicidade	A, P	Agricultura	g	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 8. DURABILIDADE DO PRODUTO							
8.1 Vida útil do produto	Avalia o tempo limite que um produto pode estar disponível para consumo. Deve ser utilizado na etapa de uso do produto.	A durabilidade é um princípio de ecoeficiência que contribui para redução do desperdício.	Não	NA, NP	Agricultura Agroindústria	dias	↑↑ Fórmula 24a

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 9. USO DE OGM							
9.1 Classe de risco do organismo	Avalia a classe de risco do produto tecnológico em estudo, na etapa de consumo do produto. Deve assumir um dos seguintes valores: 1 – o organismo não é geneticamente modificado ou é OGM de baixo risco individual e baixo risco para a coletividade; 2 - moderado risco individual e baixo risco para a coletividade; 3 - alto risco individual e risco moderado para a coletividade; 4 - alto risco individual e alto risco para a coletividade.	Organismos geneticamente modificados, ao serem cultivados, têm potencial de alterar a biodiversidade da região onde são inseridos, sendo esse potencial maior, quanto maior a classe de risco determinada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio	Não	NA, P (para valores > 1)	Agricultura	--	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS							
10.1 Limite no total de aditivos	Avalia a tolerância humana aos aditivos utilizados em alimentos, pela soma das quantidades máximas permitidas de cada aditivo utilizado (<i>Maximum Use Level</i>), de acordo com os limites presentes no Codex Alimentarius (FAO; WHO 2008). Aditivos em alimentos, podem ser nutricionais, sensoriais, conservantes ou auxiliares no processamento do alimento.	Aditivos em alimentos oferecem riscos à saúde, podendo provocar intoxicação a curto e longo prazo. Quanto menor o limite imposto a um aditivo na composição de um alimento, maior o risco oferecido à saúde humana.	Avalia a quantidade total de aditivos e não o limite	NA, NP	Agroindústria (alimentos)	g por Kg de alimento	↑↑ Fórmula 24a

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS							
11.1 Quantidade total de resíduos	Avalia a massa de resíduos sólidos gerados.	Geração de resíduos indica desperdício de materiais e energia ao longo do ciclo de vida de um produto.	Sim,	em A, P	Agricultura	kg	↓↑
			“Geração de resíduos sólidos”		Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
11.2 Quantidade de resíduo perigoso	Avalia a massa de resíduo que é perigoso (Classe I, pela NBR 10004 (ABNT, 2004c).	Os resíduos perigosos possuem um maior potencial de contaminação ambiental, devendo ser minimizados.	Não	A, P	Agricultura	kg	↓↑
					Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	Avalia a massa de resíduo que não pode ser reutilizada ou reciclada.	De acordo com os princípios de ecoeficiência e ecologia industrial, os fluxos reúso e reciclagem devem ser maximizados ao longo do ciclo de vida de um produto, pois reduzem o consumo de materiais e energia, além das emissões relacionados à disposição final.	Sim,	em A, P	Agricultura	kg	↓↑
			“recicláveis” e “reutilizáveis”		Agroindústria		Fórmula 24b
					Descarte		
Critério: 12. EROSÃO E COMPACTAÇÃO							
12.1 Área de solo exposto	Avalia a área agrícola sem cobertura vegetal, exposta às intempéries do clima.	A exposição do solo contribui para a erosão, também acarretando o assoreamento de rios e lagos.	Não,	mas A, P	Agricultura	m ²	↓↑
			avalia tipo de erosão (laminar, sulco, ravina ou voçoroca)				Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
12.2 Área de solo sujeita a mecanização	Avalia a área de uma propriedade agrícola sujeita ao uso de tratores e outros veículos mecanizados devido aos tratos culturais necessários ao cultivo.	O uso de maquinário na produção agrícola contribui para a compactação do solo, intensificando processos erosivos e de salinização do solo.	Não, mas	A, P	Agricultura	m ²	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO							
13.1 Salinidade da água de irrigação	Avalia a salinidade da água utilizada na irrigação através da análise da condutividade elétrica (CE). Essa avaliação deve ser feita quando a tecnologia em estudo requerer o uso de irrigação em uma ou mais etapas do seu ciclo de vida.	A salinidade da água de irrigação pode levar à salinização do solo. Conforme Ayers e Westcot (1991), o valor de CE deve ser analisado quanto ao risco de salinidade da água de irrigação: - CE > 3 dS/m, risco de “problema severo”; - CE entre 0,7 e 3 dS/m, risco de “problema moderado”; - CE < 0,7 dS/m, “nenhum problema”.	Não	NA, P	Agricultura	dS/m	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
13.2 Sodicidade da água de irrigação	<p>Avalia a sodicidade da água utilizada na irrigação através da análise da condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção de sódio (RAS). Essa avaliação deve ser feita quando a tecnologia em estudo requerer o uso de irrigação em uma ou mais etapas do seu ciclo de vida. Os valores médios de CE e RAS devem ser analisados quanto ao risco de sodicidade da água de irrigação, conforme Ayers e Westcot (1991). O valor atribuído ao desempenho ambiental desse indicador deve ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0, caso a classe de sodicidade aponte “problemas severos”; - 50, caso aponte “problemas crescentes”; - 100, caso aponte “Sem problemas”. 	A sodicidade da água de irrigação pode levar à sodificação do solo.	Não	NA, P	Agricultura	--	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 14. QUEIMA DE RESÍDUOS							
14.1 Área agrícola queimada	<p>Avalia a área agrícola que foi queimada para produção agrícola.</p> <p>Esse indicador deve ser utilizado quando a queima de restos vegetais for uma atividade necessária à tecnologia em estudo.</p>	A queima de resíduos libera gases de efeito estufa e deve ser evitada.	Sim	em A, NP	Agricultura	m ²	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	<p>Avalia a massa de resíduo cujo destino final é a queima descontrolada sem utilização em nenhum processo produtivo.</p> <p>Restos culturais que foram retirados do campo, amontoados e queimados, devem ser computados nesse indicador e não no indicador “Área queimada”. Restos culturais que são queimados em caldeiras devem ser computados no indicador “Quantidade de combustível não proveniente de resíduo ou resto vegetal”.</p>	A queima de resíduos libera gases de efeito estufa e deve ser evitada.	Sim, em “gases de efeito estufa” e “material particulado e fumaça”	A, NP	Agricultura Agroindústria Descarte	Kg	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
Critério: 15. GERAÇÃO DE EFLUENTES							
Carga poluente do efluente sem uso:	Avalia a carga poluidora dos efluentes não reutilizados ao longo do ciclo de vida de uma tecnologia. A carga é obtida multiplicando-se a concentração de um poluente pelo volume de efluente gerado, para cada um dos seguintes poluentes: - Demanda química de oxigênio (DQO); - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO); - Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK); - Fósforo Total (FT); - Sólidos Suspensos Totais (SST); - Óleos e Graxas (OG).	Efluentes de atividades agroindustriais são usualmente ricos em matéria orgânica e nutrientes e tendem a apresentar valores elevados de DQO, DBO, sólidos suspensos totais, óleos e graxas, fósforo total e nitrogênio total Kjeldahl. Esse tipo de efluente contribui para o desequilíbrio da biota aquática, pela redução da quantidade de oxigênio disponível no meio, aumento da turbidez e assoreamento de corpos d'água. A Portaria 154 da Superintendência de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE), 22/07/2002 padroniza o lançamento de efluentes industriais, estipulando valores limites para os parâmetros DQO, DBO, sólidos suspensos totais e óleos e graxas, sendo importante considerá-los.	Avalia a concentração de	A, P	Agricultura Agroindústria Descarte	g	↓↑ Fórmula 24b
15.1 DQO;							
15.2 DBO*;							
15.3 SST;							
15.4 Nitrogênio Total Kjeldahl;							
15.5 Fósforo Total;							
15.6 Óleos e graxas.							
15.7 CE do efluente sem uso	Avalia a concentração de sais de um efluente que não é reutilizado.	A CE é uma medida da salinidade de um efluente, que ao ser lançado ao solo ou em corpos d'água, contribui para salinização do solo ou da água.	Não	NA, P	Agricultura Agroindústria Descarte	μS/cm ou dS/m	↓↑ Fórmula 24b

TABELA 14 – Descrição dos indicadores de desempenho ambiental (cont.)

Indicador	Descrição	Justificativa	Avaliado no Ambitec?	Ajustado e Ponderado?*	Atividade	Medida	Normalização**
15.8 Volume do efluente não reutilizado	Avalia o volume do efluente que não é utilizado em algum processo produtivo, como por exemplo, para irrigação ou geração de energia.	O uso de efluentes em outros processos está de acordo com os princípios de ecoeficiência e ecologia industrial, além de reduzir as pressões sobre os mananciais de abastecimento.	Não	A, P	- Agricultura - Agroindústria - Descarte	L	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO							
16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	Avalia a massa de resíduo orgânico cujo destino final é o aterramento em lixão ou aterro sanitário.	A decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos ocasiona a liberação de gases de efeito estufa, além de aumenta o volume de chorume nos aterros, devendo ser evitada.	Não	A, P	- Descarte	Kg	↓↑ Fórmula 24b
Critério: 17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO							
17.1 Área agrícola irrigada inundada	Avalia a área agrícola que utiliza como técnica de irrigação a inundação.	O cultivo com inundação acarreta a liberação de gases de efeito estufa pela degradação anaeróbia de matéria orgânica, devendo o uso dessa técnica ser reduzida.	Sim,	em A, NP	- Agricultura	m ²	↓↑ Fórmula 24b

* A = ajustado pela unidade funcional; NA = não ajustado; P = ponderado pela vulnerabilidade ambiental; NP = Não ponderado

** ↑↑ - indicador do tipo “quanto maior seu valor melhor o desempenho ambiental”; ↓↑ - indicador do tipo “quanto menor seu valor melhor o desempenho ambiental”.

A seguir, apresentam-se como os indicadores são ajustados à unidade funcional, ponderados pelo índice de vulnerabilidade ambiental, normalizados e agregados no índice de desempenho ambiental de uma etapa.

4.2.3.1 Ajuste dos valores dos indicadores de Desempenho Ambiental pela unidade funcional

Devido à coleta de dados dos indicadores realizada juntos às unidades produtivas ou de descarte de resíduos ser referente a uma massa ou volume de produção muitas vezes diferente daquele necessário à unidade funcional estabelecida, ajusta-se linearmente o valor assumido por um indicador ao volume de produção necessário à unidade funcional, em uma dada etapa do ciclo de vida da inovação ou da tecnologia existente, utilizando-se a Fórmula 22.

$$\text{Indicador_ajustado}_i = \frac{\text{valor_produção_UF} * \text{indicador_medido}_i}{\text{valor_produção_medido}} \quad (22)$$

Onde,

valor_produção_UF = massa ou volume de produção necessário à unidade funcional definida;

indicador_medido = valor encontrado para o indicador *i* no levantamento de campo;

valor_produção_medido = massa ou volume de produção utilizada nas medidas de campo dos indicadores;

Indicador_ajustado_{*i*} = valor ajustado do indicador *i* referente à unidade funcional definida.

Como pode ser observado na Tabela 14, alguns indicadores não necessitam de ajuste à unidade funcional, pois seu valor não varia de acordo com ela, sendo este o caso dos seguintes indicadores: vida útil do produto, classe de risco do organismo, limite no total de aditivos, salinidade e sodicidade da água de irrigação.

4.2.3.2 Ponderação de indicadores pelo Índice de Vulnerabilidade ambiental da bacia

Na avaliação comparativa entre uma inovação e uma tecnologia existente, para uma dada etapa do ciclo de vida da tecnologia, pode ser que o local onde essa etapa ocorre seja o mesmo ou não para ambas as tecnologias. Quando uma etapa ocorre em locais distintos para a inovação e para a tecnologia existente, é preciso considerar a vulnerabilidade da bacia hidrográfica receptora dos aspectos ambientais provenientes dessa etapa. A vulnerabilidade ambiental é contemplada na avaliação do desempenho ambiental de uma tecnologia, como um valor atribuído ao Índice de Vulnerabilidade para uma bacia onde uma dada etapa do estudo ocorre. O Índice de Vulnerabilidade de uma bacia entra na Avaliação de Desempenho como um fator de ponderação, para aqueles indicadores ambientais que contribuem para aumento ou redução das questões ambientais no âmbito de uma bacia, utilizando-se a Fórmula 23. Indicadores relacionados exclusivamente a poluição do ar, ao consumo de materiais e energia elétrica e a vida útil do produto não são ponderados pelo índice de vulnerabilidade da bacia.

$$\text{Indicador_ponderado}_i = \text{indicador_medido}_i * \text{Índice_Vulnerabilidade_bacia}_b \quad (23)$$

Onde,

i = um dos indicadores de desempenho ambiental do modelo proposto;

b = uma das bacias em estudo;

$\text{indicador_medido}_i$ = valor do indicador i , já ajustado (Fórmula 22) quando for o caso, em uma dada etapa do ciclo de vida da inovação ou da tecnologia existente;

$\text{Índice_Vulnerabilidade_bacia}_b$ = índice de vulnerabilidade de uma bacia b ;

$\text{Indicador_ponderado}_i$ = indicador resultante da multiplicação do valor ajustado ou não de um indicador i em uma etapa do ciclo de vida da inovação ou da tecnologia existente .

4.2.3.3 Normalização dos indicadores de desempenho ambiental em uma etapa

O valor encontrado para cada indicador, ajustado e ponderado pela vulnerabilidade de uma bacia (quando for o caso), deve ser normalizado para uma escala única adimensional de 0 (menor desempenho) a 100 (maior desempenho), pela comparação do valor encontrado para a inovação com o valor encontrado para tecnologia existente, numa dada etapa dos seus ciclos de vida.

Os indicadores podem ser de dois tipos: “quanto maior seu valor, maior o desempenho ambiental” e “quanto menor seu valor, maior o desempenho ambiental”. Para cada um desses tipos, seguem-se regras próprias de normalização (MALCZEWSKI, 1999), detalhadas a seguir:

- para indicadores do tipo “**quanto maior seu valor, maior o desempenho ambiental**”, deve-se utilizar a Fórmula 24a, para valores diferentes de zero. Quando o indicador assume valor igual a zero, alcança mínimo desempenho ambiental (0);

$$Indicador_norm_{iT(1_ou_2)} = \left(\frac{Indicador_medido_{iT(1_ou_2)}}{Valor_máximo_{iT(1_ou_2)}} \right) * 100 \quad (24a)$$

onde,

$Indicador_norm_{iT(1_ou_2)}$ = valor normalizado do desempenho ambiental do indicador i , em uma dada etapa do ciclo de vida da inovação ($T1$) ou da tecnologia existente ($T2$);

$Indicador_medido_{iT(1_ou_2)}$ = valor do indicador i , já ajustado (Fórmula 22) e ponderado pela vulnerabilidade (Fórmula 23) (quando for o caso), em uma dada etapa do ciclo de vida da inovação ($T1$) ou da tecnologia existente ($T2$);

$Valor_máximo_{iT(1_e_2)}$ = maior valor do indicador i , em uma dada etapa do ciclo de vida, quando são comparadas os valores medidos para a inovação ($T1$) e para a tecnologia existente ($T2$).

- para indicadores do tipo “**quanto menor seu valor, maior o desempenho ambiental**”, deve-se utilizar a Fórmula 24b, para valores diferentes de zero.

Quando o indicador assume valor igual a zero, alcança máximo desempenho ambiental (100).

$$Indicador_norm_{iT(1_ou_2)} = \left(\frac{Valor_mínimo_{iT(1_e_2)}}{indicador_medido_{iT(1_ou_2)}} \right) * 100 \quad (24b)$$

onde,

Valor_mínimo_{iT(1_e_2)} = menor valor do indicador *i*, em uma dada etapa do ciclo de vida, quando são comparadas os valores obtidos para a inovação (*TI*) e para a tecnologia existente (*T2*).

4.2.3.4 Agregação dos indicadores de uma etapa em critérios de desempenho ambiental

A agregação de indicadores em um critério utiliza a média ponderada, onde todos os indicadores de um critério recebem o mesmo peso, sendo a soma desses pesos igual a 1 (Fórmula 25).

$$Critério_c = \sum_{i=1}^n peso_i * Indicador_norm_i \quad (25)$$

Onde,

c = um dentre os 17 critérios do modelo proposto;

n = número de indicadores do critério *c*;

peso_{*i*} = peso de um indicador *i* na formação do critério *c*. Considera-se que todos os indicadores têm a mesma importância e peso na formação dos critérios;

Indicador_norm_{*i*c} = valor dimensional normalizado do indicador *i*, associado a um critério *c* em uma etapa do ciclo de vida da inovação ou tecnologia existente;

Critério_{*c*} = valor do desempenho ambiental do critério *c*, em uma etapa do ciclo de vida.

4.2.3.5 Agregação de critérios de uma etapa em princípios de desempenho ambiental

Os critérios estão associados a um ou mais princípios de desempenho ambiental. Considera-se que todos os critérios têm o mesmo peso na formação de um dado princípio, sendo a soma total desses pesos igual a 1. Os critérios são agregados na formação de um princípio, utilizando-se a média ponderada (Fórmula 26).

$$\text{Princípio}_p = \sum_{c=1}^m \text{peso}_c * \text{Critério}_c \quad (26)$$

Onde,

p = um dos seis princípios de desempenho ambiental do modelo proposto;

m = número de critérios relacionados a um princípio p ;

peso_c = peso de um critério c na formação do princípio p . Considera-se que os critérios têm o mesmo peso na formação de um princípio p ;

Princípio_p = valor do desempenho ambiental do princípio p , composto pela agregação de critérios em uma etapa do ciclo de vida da inovação ou tecnologia existente.

4.2.3.6 Agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental de uma etapa

Os critérios são agregados no Índice de Desempenho Ambiental da inovação ou da tecnologia existente, numa etapa dos seus ciclos de vida, utilizando-se a média ponderada dos critérios (Fórmula 27). Considera-se que todos os critérios têm a mesma importância e peso na formação do Índice, sendo a somas desses pesos igual a 1.

$$\text{Índice_desempenho_etapa}_e = \sum_{c=1}^n \text{peso}_c * \text{Critério}_c \quad (27)$$

Onde,

e = uma das 4 etapas do ciclo de vida de uma inovação ou tecnologia existente;

n = número de critérios considerados na etapa da avaliação;

peso_c = peso de critério c na formação do Índice;

$\text{Índice_desempenho_etapa}_e$ = índice de desempenho ambiental na etapa e .

4.2.4 Avaliação final do desempenho ambiental de uma tecnologia

Na avaliação final do desempenho ambiental de uma tecnologia são consideradas todas as etapas do seu ciclo de vida. O Índice de Desempenho Ambiental Final é obtido pela agregação dos valores dos indicadores obtidos nas quatro etapas de avaliação, normalização desses indicadores, agregação dos mesmos em critérios, princípios e no Índice de Desempenho Ambiental final, conforme descrito a seguir.

4.2.4.1 Agregação dos valores dos indicadores de cada etapa em indicadores finais

O primeiro passo na avaliação final do desempenho de uma tecnologia (inovação ou tecnologia existente) é a agregação dos valores atribuídos a um indicador, já ajustados e ponderados pela vulnerabilidade (quando for o caso), em cada etapa do ciclo de vida estudado. Essa agregação é realizada de três formas:

- pela soma dos valores de cada etapa (Fórmula 28a), quando o indicador é expresso em uma unidade de medida de massa, energia, volume ou área;
- pela média dos valores obtidos em cada etapa (Fórmula 28b), quando a soma dos valores obtidos em cada etapa não resulta em valor com significado para a avaliação, sendo este o caso dos indicadores “classe de risco do organismo”, “limite da quantidade de aditivos”, “salinidade” e “sodicidade” da água de irrigação e “CE do efluente”. Embora o indicador “vida útil” seja usualmente relativo apenas à etapa de uso da tecnologia, se esta etapa se subdividir em mais de uma, pode-se aplicar essa regra para agregação dos valores desse indicador na avaliação final.

$$\text{Indicador_final}_i = \sum_{e=1}^4 \text{indicador_medido}_{ie} \quad (28a)$$

$$\text{Indicador_final}_i = \frac{\sum_{e=1}^4 \text{Indicador_medido}_{ie}}{\text{número_etapas}_i} \quad (28b)$$

Onde,

$\text{Indicador_medido}_{ie}$ = valor do indicador i numa etapa e , ajustado pela unidade funcional e ponderado pelo índice de vulnerabilidade da bacia (se for o caso);

número_etapas_i = número de etapas em que um indicador i é utilizado;

Indicador_final_i = valor final de um indicador i , relativo ao ciclo de vida de uma tecnologia ou inovação.

4.2.4.2 Normalização do indicador final de desempenho ambiental

A normalização dos valores encontrados para os indicadores finais para unidades adimensionais é dada pela análise comparativa entre tecnologias, já descrita no item “4.2.3.3 Normalização dos indicadores de desempenho ambiental em uma etapa”, com o diferencial que o valor medido do indicador refere-se agora ao seu valor total, representativo de todas as etapas do ciclo de vida analisadas.

4.2.4.3 Agregação dos indicadores finais normalizados em critérios de desempenho ambiental

A agregação dos indicadores finais, já normalizados, em critérios de desempenho ambiental, é realizada pela média aritmética dos indicadores relacionados a um critério (Fórmula 25), da mesma forma já descrita para uma etapa do ciclo de vida, no item “4.2.3.4 Agregação dos indicadores de uma etapa em critérios de desempenho ambiental”.

4.2.4.4 Agregação dos critérios em princípios de desempenho ambiental

A agregação dos critérios em princípios de desempenho ambiental é realizada pela média aritmética dos critérios relacionados a cada um dos princípios (Fórmula 26), da mesma forma já descrita para uma etapa do ciclo de vida, no item “4.2.3.5 Agregação dos critério de uma etapa em princípios de desempenho ambiental”.

4.2.4.5 Agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental Final

A agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental Final é realizada pela média ponderada dos critérios (Fórmula 27), da mesma forma já descrita para uma etapa do ciclo de vida, no item “4.2.3.6 Agregação dos critérios no Índice de Desempenho Ambiental de uma etapa”.

4.3 Análise de sensibilidade do modelo Ambitec-Ciclo de Vida

Ao aplicar variações ($\pm 10\%$, $\pm 50\%$, mudança para zero ou para valor diferente de zero) em cada um dos 37 indicadores propostos no modelo, observaram-se os seguintes aspectos:

- o modelo não apresentou sensibilidade elevada para nenhum indicador específico, uma vez que o índice de sensibilidade aplicado a cada indicador não apresentou valor igual ou maior que um para nenhum indicador;
- quando os indicadores apresentaram valores diferentes de zero, tanto na análise da inovação quanto da tecnologia existente de comparação, variações em todos os indicadores para valores diferentes de zero resultaram em variações no índice de desempenho ambiental final, o que mostra a importância de todos os indicadores na obtenção do índice final. Ainda nessa situação, quando a variação aplicada a um indicador não resultou em inversão da posição relativa da inovação em comparação à tecnologia existente, ou seja, se o valor da inovação permaneceu menor ou maior que o da outra tecnologia após a variação, as variações observadas no índice de desempenho ambiental foram proporcionais à variação aplicada ao indicador;
- quatro situações implicaram em maior mudança no índice de desempenho ambiental: i) quando a variação aplicada ao valor de um indicador relativo à inovação resultou em inversão da sua posição em relação à tecnologia existente na análise comparativa, tornando o valor atribuído à inovação maior ou menor que o da outra tecnologia; ii) quando tanto o valor da inovação quanto da tecnologia existente referentes a um indicador eram iguais a zero e após a variação aplicada, somente um desses valores ficou diferente de zero; iii) quando tanto o valor da inovação quanto da tecnologia existente referentes a um indicador eram diferentes de zero e após a variação aplicada, um desses valores ficou igual a zero; iv) quando o valor de uma tecnologia era zero e o da outra diferente de zero e após a variação esses valores se igualam;
- quando o valor de um indicador para uma das tecnologias em estudo era igual a zero e o da outra tecnologia diferente de zero, o modelo foi insensível às variações no valor da tecnologia cujo valor inicial era diferente de zero, sempre que essas variações não tornaram iguais os valores das tecnologias.

A Tabela 15 apresenta, resumidamente, essas observações. O mapa de sensibilidade utilizado na avaliação do modelo encontra-se no Apêndice B.

TABELA 15 – Resumo da análise de sensibilidade do modelo

Valores iniciais da inovação (I) e da tecnologia existente (TE) para um indicador	Varição aplicada no valor da Inovação (I)	Valores do indicador após variação na inovação (I)	Sensibilidade do modelo
$I \neq 0, TE \neq 0$ e $I \geq TE$	$\pm 10\%$ ou $\pm 50\%$	$I \neq 0, TE \neq 0$ e $I \geq TE$	Menor variação no Índice de Desempenho Ambiental
$I \neq 0, TE \neq 0$ e $I \leq TE$	$\pm 10\%$ ou $\pm 50\%$	$I \neq 0, TE \neq 0$ e $I \leq TE$	
$I > TE$	$\pm 10\%$ ou $\pm 50\%$	$I < TE$	Maior variação no Índice de Desempenho Ambiental
$I < TE$	$\pm 10\%$ ou $\pm 50\%$	$I > TE$	
$I = TE = 0$	Mudança para valor diferente de zero	$I \neq 0$	
$I = 0$ e $TE \neq 0$	Mudança para valor diferente de zero	$I = TE$	
$I \neq 0$ e TE qualquer	Mudança para zero	$I = 0$	
$I \neq 0$ e $TE = 0$	$\pm 10\%$ ou $\pm 50\%$	$I \neq 0$ e $TE = 0$	Não ocorre variação no Índice de Desempenho Ambiental

4.4 Como utilizar o modelo Ambitec-Ciclo de Vida

Na utilização do modelo proposto é necessário a entrada de dados em dois arquivos contendo planilhas do Excel. O arquivo “Desempenho_ambiental.xls” contém planilhas que realizam o estudo do desempenho ambiental de tecnologias ao longo do ciclo de vida, enquanto o arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls” auxilia na avaliação da vulnerabilidade ambiental de uma bacia hidrográfica. O Apêndice C apresenta a entrada e saída de dados do primeiro arquivo (Desempenho_ambiental.xls) e o Apêndice D, do segundo (Vulnerabilidade_bacia.xls).

4.5 Aplicação do Modelo Ambitec-Ciclo de Vida na avaliação do “Substrato da casca de coco verde (SCV)” na produção de rosas Carola

O modelo proposto de avaliação do desempenho ambiental foi aplicado na avaliação da inovação “substrato de coco verde (SCV)”, em comparação à tecnologia existente “substrato de coco seco (SCS)”, na produção de rosas da variedades Carola. O processo de obtenção do SCV foi desenvolvido pela EMBRAPA Agroindústria Tropical em 2005 e o processo de obtenção do SCS utilizado, pela empresa Recicasco, em 2002. Esses substratos atuam como um meio físico para o desenvolvimento de mudas, plantas olerícolas e flores, não aportando nutrientes às plantas.

A seguir, apresenta-se a descrição das tecnologias em estudo, a função, unidade funcional e fluxos de referência escolhidos, as etapas do ciclo de vida contempladas e unidades produtivas visitadas, as bacias hidrográficas onde essas unidades estão situadas e seus respectivos índices de vulnerabilidade ambiental e o resultado das avaliações de desempenho ambiental para cada etapa e final.

4.5.1 Descrição das tecnologias

O **SCV** dá um uso sustentável à casca de coco verde, importante resíduo agroindustrial resultante do consumo da água de coco verde *in natura* ou envasada. De acordo com o Sindicato dos Produtores de Coco (SINDCOCO), a área plantada, em 2007, no Brasil com coqueiro-anão - que produz o fruto verde para consumo da água-de-coco - foi de 90.000 ha, com uma produção estimada de 1.350.000.000 frutos por ano, acarretando a geração de aproximadamente 1.262.250.000 kg por ano de casca. A casca de coco verde constitui 85% do fruto, sendo um lixo urbano significativo, usualmente descartado em aterro sanitário ou lixão.

O SCV é obtido pelo processamento da casca de coco verde, que gera pó e fibras. Pode ser composto apenas do pó ou de frações de pó e fibra, de acordo com a granulometria almejada no cultivo. O processo utilizado para obtenção do SCV envolve a trituração, prensagem, seleção das frações de pó e fibra, lavagem e maturação do substrato, estando detalhado no item “3.2.4.3 Cooperativa de Beneficiamento de Coco Verde do Jangurussu”.

O SCS é um substrato obtido a partir do processamento da casca de coco maduro, principalmente da variedade gigante, sendo mundialmente utilizado na produção hidropônica desde a década de 1980 (ROSA *et al.*, 2002). A casca de coco maduro representa 57% do peso do coco maduro (NUNES, 2002), sendo um resíduo agrícola resultante da extração da amêndoa do coco no campo, encaminhada às indústrias produtoras de leite de coco, coco ralado e derivados.

De acordo com o Sindicato dos Produtores de Coco (SINDCOCO), em 2007, a área plantada com coqueiro gigante no Brasil foi de 210.000 ha, com uma produção estimada de 882.000.000 frutos maduros por ano, acarretando a geração de aproximadamente 452.466.000 kg por ano de casca de coco seco. As cascas de coco seco constituem um lixo agrícola das áreas produtoras de coco maduro, sendo usualmente espalhadas ao longo das plantações, incorporadas ao solo ou, eventualmente, queimadas nas fazendas ou em fornos industriais.

Do processamento da casca resultam dois produtos: a fibra, utilizada em estofamentos, em mantas para contenção de encostas, vasos, dentre outros usos, e o pó, utilizado com ou sem acréscimo de fibras e nutrientes como substrato agrícola. O processo utilizado para obtenção do SCS envolve a trituração, separação, lavagem das fibras e secagem ao sol, estando detalhado no item “3.2.4.4 Recिकासco”.

Análises realizadas pelo Laboratório de Solos da EMBRAPA Agroindústria Tropical, do SCV produzido pela Cooperativa de Beneficiamento do Coco Verde do Jangurussu, e do SCS, produzido pela empresa Recिकासco, revelaram as características apresentadas na Tabela 16. Segundo Martinez (2002) e Rosa *et al* (2002), a variabilidade nas características físicas e físico-químicas dos substratos de coco se deve principalmente à variedade de coco, a idade de colheita, ao sistema de cultivo adotado e ao método de processamento das cascas.

A legislação em vigor não estabelece limites para os parâmetros analisados. Para o caso de culturas mais sensíveis à salinidade, esse valor deverá situar-se em níveis abaixo de $1,0 \text{ dS.m}^{-1}$ (AYERS; WESTCOT, 1991). A Instrução Normativa Nº 14, de 15 de dezembro de 2004 - do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - estabelece definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas, declarando como obrigatória a declaração de valores relativos a pH, condutividade elétrica (CE), capacidade de retenção de água a 10 cm (CRA 10), umidade e densidade em base seca de substratos. Já a Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007 - do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - estabelece

métodos analíticos oficiais para obtenção desses parâmetros, além da capacidade de troca de cátions (CTC) e densidade úmida. As análises de granulometria e de nutrientes, importantes para o cultivo, não são exigência legal. Como um ponto de referência para salinidade, uma CE de 3 dS/m limita o crescimento da maioria das plantas.

TABELA 16 – Caracterização dos SCV e SCS utilizados na produção de mudas e de rosas

Parâmetros	SCV - Jangurussu		SCS - Reciasco		
	Produção de mudas	Produção de rosas	Produção de mudas	Produção de rosas	
ANÁLISE FÍSICA					
Granulometria (%):					
	X > 16 mm	0,00	33,16	0,00	1,21
	8 mm < X < 16 mm	0,00	1,04	0,00	2,9
	4 mm < X < 8 mm	0,52	1,73	0,86	5,9
	2 mm < X < 4mm	6,08	2,54	5,35	8,3
	1 mm < X < 2 mm	17,82	28,71	28,49	16,9
	0,5 mm < X < 1 mm	32,31	13,98	38,05	22,9
	0,25 mm < X < 0,5 mm	28,47	13,75	18,07	30,9
	0,125 mm < X < 0,25 mm	12,34	4,51	4,97	10,0
	X < 0,125 mm	2,46	0,58	3,63	1,0
Índice de grossura (%)		24,42	67,19	34,70	35,2
Densidade Seca (kg/m ³)		114,55	105,46	80,62	108,63
Dens. Úmida (kg/m ³)		280,0	357,5	317,4	385,2
Umidade Atual (%)		59,1	70,5	74,6	71,8
CRA-10 (%)		53,3	49,96	57,10	54,07
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
Matéria Orgânica (g/kg de substrato)		929,7	938,7	930,3	685,0
Teor de Cinzas (g/kg de substrato)		70,3	61,3	69,7	315,0
Nitrogênio Total (g/kg de substrato)		11,8	10,0	3,7	4,4
C/N		78,5	93,5	252,1	156,7
pH		6,4	6,4	6,3	7,11
CE (dS/m)		0,8	0,6	0,2	0,08
Cálcio (mg/L de substrato)		2,9	7,8	30,7	3,8
Magnésio (mg/L de substrato)		6,1	3,8	23,3	2,2
Potássio (mg/L de substrato)		696,0	525,0	251,0	65,0
Sódio (mg/L de substrato)		273,0	213,0	83,0	32,5
Fósforo (mg/L de substrato)		52,3	38,7	10,0	7,31
Cloreto (mg/L de substrato)		1.122,7	782,9	384,1	88,6
N-NO ₃ (mg/L de substrato)		2,2	1,3	2,9	5,7
N-NH ₄ (mg/L de substrato)		1,8	5,7	10,0	13,7
S-SO ₄ (mg/L de substrato)		11,6	11,6	86,9	88,2

4.5.2 Função, unidade funcional e fluxo de referência

Para que a avaliação de desempenho ao longo das etapas de ciclo de vida dessas tecnologias pudesse ocorrer, foi assumida como **função** desses substratos dar suporte físico ao enraizamento de roseiras, visando à produção de rosas. A **unidade funcional** escolhida para medição dessa função foi dar suporte à produção de uma rosa da variedade Carola.

Para atender a unidade funcional de produção de uma rosa comercializável da variedade Carola, foram mensuradas as quantidades necessárias de SCV e de SCS, assim como as quantidades de cascas de coco verde e seco necessárias à produção dos substratos. Observaram-se necessidades diferenciadas de cascas e de substratos na produção de rosas Carola em SCV e em SCS.

As massas de SCV e de SCS foram determinadas a partir do cálculo das massas utilizadas para produção de uma muda com substrato constituído de pó da casca de coco passado na peneira de 20mm (tipo 1) e para produção de uma rosa com substrato constituído de 50% de pó e 50% de fibra (tipo 2). Nesse cálculo, tomou-se como base as densidades úmidas dos SCV e SCS, os volumes ocupados por uma muda e por uma roseira cultivada em vaso e o rendimento dos substratos na produção de mudas e rosas de cada variedade (Tabela 17). Calculou-se que são necessários 2,42 Kg de SCV e 1,62 Kg de SCS para a produção de uma rosa da variedade Carola. O maior percentual da massa de SCV e do SCS foi utilizado na produção de rosa (99% do substrato é do tipo 2), com uma fração pequena utilizada na produção de muda (1% do substrato é do tipo 1), formando uma massa total composta de 50,5% de pó e 49,5% de fibra.

TABELA 17 – Memória de cálculo da massa de substrato necessária à produção de uma rosa

		SCV	SCS
Produção de MUDAS de rosas Carola	Densidade úmida do substrato (Kg/m ³)	280,00	317,00
	Volume ocupado por uma muda (m ³)	0,00010	0,00010
	Massa utilizada de substrato para 288 mudas de Carola (Kg)	7,74	8,76
	No. de mudas viáveis produzidas	212	203
	Rendimento do substrato tipo 1 para produção de uma muda (Kg de substrato por muda)	0,037	0,043
Produção de ROSAS Carola	Densidade úmida (Kg/m ³)	357,00	385,00
	Volume ocupado por uma roseira (m ³)	0,00667	0,00667
	Massa utilizada de substrato para 48 roseiras de Carola (Kg)	114,24	123,2
	No. de rosas viáveis produzidas	48	78
	Rendimento do substrato tipo 2 para produção de uma rosa (Kg de substrato por rosa)	2,38	1,58
Total de substrato necessário para uma muda e uma rosa Carola (kg)		2,42	1,62

Determinadas essas quantidades de substratos para a produção de uma rosa, avaliou-se a massa de cascas necessárias à obtenção do substrato, pela realização do balanço de massa nas unidades de processamento de cascas de coco verde e seco. O balanço permitiu conhecer o rendimento médio das cascas na produção de substrato, quando 1% do substrato produzido é do tipo 1 e 99% do substrato produzido, do tipo 2, ou seja, quando 50,5% do substrato é constituído de pó e 49,5% é constituído de fibras. Foi observado que as cascas de coco verde e seco possuem um maior rendimento na produção de pó e que a casca de coco seco apresenta um maior rendimento na produção de fibras do que a casca de coco verde (Tabela 18). Assim, uma casca de coco verde, pesando em média 1,1 Kg, rende 0,54 de pó e 0,15 Kg de fibra, enquanto uma casca de coco seco, pesando em média 0,9 Kg, rende 0,46 Kg de pó e 0,35 Kg de fibra.

TABELA 18 – Rendimento das cascas de coco verde e seco na produção de pó e fibras

	Coco Verde	Coco Seco
Kg de casca/Kg de pó	2,05	1,94
Kg de casca/Kg de fibra	7,32	2,56

A partir desses dados, calculou-se que a produção de 2,42 Kg de SCV, necessário à produção de uma rosa, requereu a utilização de 11,26 Kg de cascas de coco verde que deixaram de ser encaminhadas a aterros sanitários e lixões. Já a produção de 1,62 Kg de SCS, necessários à produção de uma rosa, requereu 3,65 Kg de cascas de coco seco, resíduo que deixou de ser incorporado ao solo em áreas de coqueirais.

4.5.3 Etapas do ciclo de vida analisadas

O ciclo de vida do SCV envolve o descarte das cascas de coco seco, que deixam de ser utilizadas na produção do SCS, o processamento das cascas de coco verde, seu consumo na produção de mudas e de rosas e o descarte final do substrato. Já o ciclo de vida do SCS abrange o descarte das cascas de coco verde, que deixam de ser utilizadas e são encaminhadas ao aterro sanitário para disposição final, o processamento das cascas de coco seco, seu consumo na produção de rosas e seu descarte final.

Foram escolhidas as seguintes unidades produtivas e de disposição de resíduos:

- **Etapa 1 – Matéria-prima:** como tanto o SCV quanto o SCS são obtidos a partir de um resíduo (casca de coco), a etapa de extração de matéria-prima é substituída pela etapa de descarte de resíduo. No que se refere ao descarte de cascas de coco verde, a análise foi realizada considerando o impacto causado pelo destino final das cascas de coco verde no aterro ASMOC, receptor do lixo urbano das cidades de Fortaleza e Caucaia, localizado em Caucaia, Ceará. A análise da tecnologia existente (SCS) contempla a ação de incorporação de cascas de coco seco ao solo e foi realizada na Fazenda Lagoa da Mercês, localizada em Itarema, Ceará, de propriedade da empresa Ducoco. É importante observar que os valores dos indicadores de desempenho ambiental encontrados para a atividade de descarte de cascas de coco verde em aterro repercutem diretamente na análise do ciclo de vida da tecnologia existente “SCS”, uma vez que como os substratos são produtos

substitutos, a produção de SCS implica na não produção de SCV, levando à disposição das cascas de coco verde em aterro. Já a produção de SCV implica na não utilização das cascas de coco seco na produção de SCS, mas na sua incorporação ao solo, sendo essa atividade integrante da análise do ciclo de vida da inovação SCV;

- **Etapa 2 – Produção:** a etapa de produção de substrato é analisada com base em dados levantados em duas unidades agroindustriais: a Usina de Beneficiamento de Coco Verde, processadora de cascas de coco verde, localizada em Fortaleza, Ceará e a empresa Recicasco, processadora de cascas de coco seco, localizada em Japaratinga, Alagoas;

- **Etapa 3 – Uso:** essa etapa analisa o desempenho ambiental do SCV e do SCS na produção de mudas de rosas e de rosas, da variedade Carola, na fazenda da empresa Cearosa, localizada em São Benedito, Ceará;

- **Etapa 4 – Descarte:** essa etapa avalia o desempenho ambiental dos substratos quando descartados, após a produção de rosas. O substrato utilizado na produção de mudas é incorporado ao substrato dos vasos utilizados na produção de rosas. Já o substrato utilizado na produção de rosas é descartado com as roseiras quando as mesmas param de produzir (cerca de dois anos após o plantio), sendo incorporado ao solo ou compostado com outros materiais na empresa Cearosa.

4.5.4 Bacias hidrográficas analisadas e seus Índices de Vulnerabilidade Ambiental

As unidades produtivas em estudo estão localizadas em quatro bacias hidrográficas: Metropolitana (CE), Litoral (CE), Baixo Mundaú (AL) e Parnaíba (CE). A Figura 75 mostra a localização das unidades produtivas nas referidas bacias

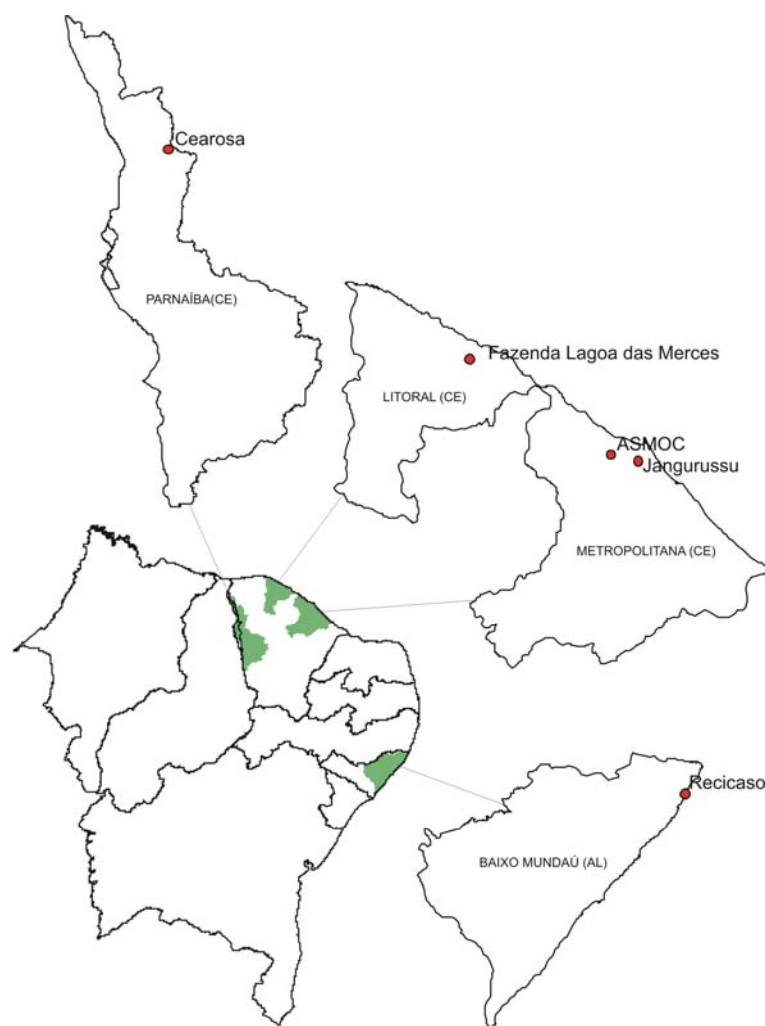


FIGURA 75 – Localização das bacias hidrográficas em estudo

O ASMOC, lugar onde são usualmente descartadas as cascas de coco verde provenientes da cidade de Fortaleza, está localizado nas proximidades do rio Ceará, que integra a bacia Metropolitana (Latitude: $3^{\circ} 47' 19.6''$; Longitude: $38^{\circ} 40' 25.5''$). Também a Cooperativa de Beneficiamento da Casca de Coco Verde Ltda, responsável pela produção do SCV, está localizada às margens do rio Cocó, que também integra essa bacia (Latitude: $3^{\circ} 49' 25.79''$; Longitude: $38^{\circ} 31' 47.08''$).

Os principais rios da bacia Metropolitana são Cocó, Coaçu, Pirangi, Ceará, Maranguape, São Gonçalo, Pacoti e Choró, formando um conjunto independente de sub-bacias que foram agrupadas para fins de planejamento estadual dos recursos hídricos. A bacia Metropolitana ocupa uma área de $15.053,46 \text{ km}^2$ e abriga uma população de 3.339.046 habitantes, sendo a sexta bacia mais populosa do Brasil. Nela estão inseridos 41 municípios, 32 dos quais com sede na bacia (Acarape, Aquiraz, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Beberibe, Capistrano, Cascavel, Caucaia, Choro, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba,

Guaramiranga, Horizonte, Ibaretama, Itaitinga, Itapiúna, Maracanaú, Maranguape, Mulungu, Ocara, Pacajus, Pacatuba, Pacoti, Palmácia, Paracuru, Pindoretama, Redenção e São Gonçalo do Amarante).

A Fazenda Lagoa das Mercês, onde ocorre o descarte das cascas de coco seco, está localizada próxima ao rio Mundaú, que integra a bacia do Litoral (Latitude: 3°15'0.75''; Longitude: 39°27'34.92''). A bacia do Litoral ocupa uma área de 8.718,29 m², abrigando uma população de 285.957 habitantes. Estão nos limites da bacia, as sedes dos municípios de Amontada, Irauçuba, Itapipoca, Itarema, Miraíma, Paraipaba, Traiti, Tururu e Uruburetama.

A empresa Recicasco, processadora de casca de coco seco, está situada na região litorânea de Alagoas, que integra a bacia do Baixo Mundaú (Latitude: 9°4'37.1''; Longitude: 35°15'44.6''). Essa bacia ocupa uma área de 13.039,28 km², possui uma população de 1.850.065 habitantes, abrigando as sedes de 53 municípios: Anadia, Atalaia, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Belém, Boca da Mata, Branquinha, Cajueiro, Campo Alegre, Capela, Chã Preta, Coité do Nóia, Coqueiro Seco, Coruripe, Feliz Deserto, Flexeiras, Iateguara, Igaci, Japaratinga, Joaquim Gomes, Jundiá, Limoeiro de Anadia, Maceió, Maragogi, Marechal Deodoro, Maribondo, Mar Vermelho, Matriz de Camaragibe, Messias, Murici, Palmeira dos Índios, Paripueira, Passo de Camaragibe, Paulo Jacinto, Pilar, Pindoba, Porto Calvo, Porto de Pedras, Quebrangulo, Rio Largo, Roteiro, Santa Luzia do Norte, Santana do Mundaú, São José da Laje, São Luís do Quitunde, São Miguel dos Campos, São Miguel dos Milagres, Satuba, Tanque d'Arca, Taquarana, Teotônio Vilela, União dos Palmares e Viçosa.

A empresa Cearosa, que utiliza SCV e SCS na produção de rosas, está localizada na serra da Ibiapaba (Latitude: 4°07'10.5''; Longitude: 40°52'43''), que integra as bacias dos rios Poti e Longa. Embora essas bacias abranjam os estados do Ceará e do Piauí, a porção contida no estado do Ceará foi delimitada pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH, 2004) e denominada bacia do Parnaíba, sendo os dados desse trabalho referentes a essa porção cearense da bacia. A bacia do Parnaíba, no Ceará, ocupa uma área de 16.806,43 Km² e possui 329.103 habitantes, abrigando as sedes municipais de Ararendá, Carnaubal, Crateús, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, Independência, Ipaporanga, Novo Oriente, Poranga, Quiterianópolis, São Benedito e Ubajara.

De acordo com a metodologia definida, o índice de vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica é obtido a partir de um conjunto de 17 indicadores organizados em três critérios: exposição, sensibilidade e capacidade de resposta. A Tabela 19 apresenta o resumo com os valores de vulnerabilidade obtidos para cada indicador, critério e índice final. Observou-se

que a vulnerabilidade das bacias em estudo são similares, provavelmente devido às mesmas se localizarem no nordeste brasileiro, onde algumas características do meio são comuns, como ocorrência de secas e de solos de baixa aptidão agrícola, as pressões humanas medianas e a capacidade de resposta social frente aos problemas ambientais em estudo, baixa.

Valores de vulnerabilidade entre 1 e 1,2 são considerados muito baixos, entre 1,2 e 1,4, baixos, entre 1,4 e 1,6, medianos, entre 1,6 e 1,8, altos e entre 1,8 e 2, muito altos. No Apêndice E, F, G e H estão as tabelas contendo os valores de entrada utilizados no cálculo de cada indicador das bacias Metropolitana, Litoral, Parnaíba e Baixo Mundaú, respectivamente. Analisa-se, a seguir, cada indicador de vulnerabilidade, referente aos critérios mencionados.

TABELA 19 – Valores de vulnerabilidade para indicadores, critérios e índice final das bacias em estudo.

Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental - Bacia Metropolitana (CE)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Litoral (CE)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Baixo Mundaú (AL)			Vulnerabilidade ambiental - Bacia Parnaíba (CE)		
				Indicadores	Critérios	Índice Final	Indicadores	Critérios	Índice Final	Indicadores	Critérios	Índice Final	Indicadores	Critérios	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,33	1,35	1,57	1,32	1,29	1,55	1,65	1,48	1,52	1,06	1,24	1,55
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,09			1,01			1,00			1,00		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,48			1,13			1,42			1,19		
	1.4 Geração de lixo per capita	0,2		1,78			1,97			1,71			1,90		
	1.5 Demanda hídrica per capita	0,2		1,06			1,01			1,60			1,06		
	soma de pesos =	1													
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,47	1,61		1,40	1,59		1,41	1,34		1,52	1,68	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,63		1,58	1,28		1,69						
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,80		1,80	1,78		1,87						
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,54		1,50	1,14		1,61						
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,63		1,65	1,12		1,72						
	soma de pesos =	1													
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,73		2,00	1,78		1,99	1,74		1,99	1,73	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,78		1,88	1,92		1,89						
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,57		1,58	1,45		1,41						
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,65		1,68	1,66		1,58						
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,80		1,93	1,79		1,86						
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		2,00		2,00	1,99		1,99						
	3.7 IDH-M	0,14		1,34		1,38	1,40		1,36						
	soma de pesos =	1		1											

4.5.4.1 Indicadores de Exposição

Na análise da exposição da bacia às pressões ambientais foram considerados cinco indicadores: atividade agropecuária, atividade industrial, geração de lixo *per capita*, geração de esgoto *per capita* e demanda hídrica *per capita*.

A exposição à atividade agropecuária foi alta na bacia do Baixo Mundaú, mediana nas bacias Metropolitana e do Litoral e muito baixa na bacia do Parnaíba. Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 1996), no Baixo Mundaú, os municípios com menor e maior percentual da área ocupada com atividade agropecuária foram Maceió (21,11%) e Santana do Mundaú (97%), respectivamente. Na bacia Metropolitana, destacou-se Fortaleza, com apenas 2% da área com atividade agropecuária e Mulungu, com 71% da área destinada a essa atividade. No Litoral, a ocupação agropecuária variou de 12,94%, em Amontada, a 51,09%, em Tururu. Na bacia do Parnaíba, o município de Carnaubal apresentou menor ocupação (0,58%) e Independência, a maior (9,38%).

A exposição à atividade industrial, avaliada pela relação entre o número de pessoas ocupadas em indústrias de transformação e extrativas (IBGE, 2005) e a área dos municípios, foi muito baixa em todas as quatro bacias em estudo. Na bacia Metropolitana, esse indicador foi elevado nos municípios de Fortaleza (243,76 pessoal ocupado/km²) e Maracanaú (211,53 pessoal ocupado/km²), quando comparados a municípios muito industrializados como São Paulo (394,68 pessoal ocupado/km²), indicando uma maior concentração da atividade industrial nesses municípios. No Baixo Mundaú, o município com maior atividade industrial foi Maceió (2,53 pessoal ocupado/km²), no Litoral, destacou-se Uruburetama (12,22 pessoal ocupado/km²) e no Parnaíba, o município de São Benedito (0,34 pessoal ocupado/km²).

A geração de esgoto *per capita* foi mediana nas bacias Metropolitana e do Baixo Mundaú e muito baixa nas do Parnaíba e do Litoral, resultando numa exposição dessas bacias à geração de esgoto, que também variou de média a muito baixa. Na bacia Metropolitana, dos 8 municípios com informação sobre volume de esgoto coletado e população atendida, segundo dados da Pesquisa de Saneamento Básico (IBGE, 2000a) e do Censo Demográfico (IBGE, 2000b), Aquiraz e Aracoiaba apresentaram maior geração de esgoto *per capita*, com 317,83 e 270,77 m³.hab⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. Em Mundaú, dos 19 municípios com informação disponível, os que apresentaram maior geração foram Japaratinga (629,31 m³.hab⁻¹.ano⁻¹) e Messias (401,73 m³.hab⁻¹.ano⁻¹). A Bacia do Parnaíba dispunha de informação para

apenas 2 municípios, Crateús, que gerava $33,26 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e Quiterianópolis, que gerava $11,74 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. A bacia do Litoral também só possuía informação para os municípios de Irauçuba ($2,94 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) e Itapipoca ($36,18 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).

A geração de lixo *per capita* foi muito alta nas Bacias do Litoral e do Parnaíba e alta nas bacias Metropolitana e do Baixo Mundaú, levando a níveis elevados de exposição dessas regiões à geração de lixo. A partir dos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000a), verificou-se que no Litoral, os municípios de Tururu e Miraíma apresentaram a maior geração, $15,84$ e $6,59 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, respectivamente. Na bacia do Parnaíba, destacaram-se os municípios de Ubajara, que gerava $8,2 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, e Carnaubal, que gerava $5 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Os municípios de Choró ($13,81 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) e Ocara ($7,15 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) apresentaram a maior geração de lixo *per capita* na bacia Metropolitana, enquanto São Miguel dos Milagres ($3,77 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) e Belém ($3,26 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) possuíam os valores mais elevados no Baixo Mundaú.

De acordo com a ANA (2007), a demanda hídrica *per capita* na bacia do Baixo Mundaú foi de $908 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, acarretando uma alta exposição da bacia ao consumo hídrico. As demais bacias apresentaram exposição muito baixa, com demandas de $41,36 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ no Litoral, $122,34 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ na Metropolitana e $120,45 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ no Parnaíba, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH, 2004).

A agregação dos indicadores de “exposição” resultou numa vulnerabilidade média no Baixo Mundaú e baixa nas bacias Metropolitana, Litoral e Parnaíba, quando se analisaram apenas os indicadores desse critério.

4.5.4.2 Indicadores de Sensibilidade

A sensibilidade da bacia às questões ambientais contempladas foi avaliada com os indicadores: áreas prioritárias para conservação, aptidão agrícola, intensidade pluviométrica, qualidade da água de irrigação e aridez do clima.

As bacias Metropolitana, Baixo Mundaú e Litoral apresentaram sensibilidade mediana quanto à ocorrência de áreas prioritárias para conservação, enquanto a bacia do Litoral apresentou sensibilidade baixa. A bacia do Parnaíba apresentou o maior percentual de área com prioridade elevada e extremamente elevada de conservação ($38,45\%$), seguida das bacias Metropolitana ($34,86\%$), Mundaú ($21,85\%$) e Litoral ($19,68\%$).

A sensibilidade quanto à aptidão agrícola revelou-se alta nas bacias do Parnaíba e Metropolitana, média no Litoral e baixa no Baixo Mundaú, de acordo com os mapas de aptidão agrícola da Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola – SUPLAN, do Ministério da Agricultura, em 1979, para os estados do Ceará, Pernambuco e Alagoas. As classes de aptidão 5 e 6, mais vulneráveis à ocupação agrícola, ocuparam 69,37% da bacia do Parnaíba, 56,99% da Metropolitana, 56,17% do Litoral e 9,2% do Baixo Mundaú.

A bacia do Parnaíba teve sensibilidade muito alta à intensidade pluviométrica e as bacias do Baixo Mundaú, Metropolitana e do Litoral, sensibilidade alta. Foram encontradas intensidades pluviométricas que variaram de 289 a 1.047 mm/mês na bacia do Baixo Mundaú, segundo dados da SUDENE para o período de 1963 a 1973 (SUDENE, 2008), e entre 306,75 e 592 mm/mês nas demais bacias cearenses, segundo dados da FUNCEME para o período de 1974 a 2007 (FUNCEME, 2008).

A sensibilidade quanto à qualidade da água de irrigação, que considera a maior vulnerabilidade referente a sodicidade e a salinidade da água disponível para irrigação, foi considerada alta na bacia do Parnaíba, média na Metropolitana e no Litoral e muito baixa no Baixo Mundaú. Os dados disponibilizados pela COGERH (2008), para os postos de monitoramento na bacia do Parnaíba para os anos de 2006 e 2007, mostraram vulnerabilidade média a alta quanto a sodicidade na bacia e baixa quanto a salinidade, repercutindo numa vulnerabilidade alta quanto a qualidade da água de irrigação. As bacias Metropolitana e do Litoral apresentaram vulnerabilidade média quanto a sodicidade e baixa com relação à salinidade, acarretando uma vulnerabilidade média desse indicador, de acordo com os dados da COGERH (2008). Com base nas informações sobre CE, relativas a apenas três pontos de monitoramento no Baixo Mundaú, de acordo com dados disponibilizados pela ANA para os anos de 1977 a 2007, observou-se vulnerabilidade muito baixa da bacia quanto à salinidade. Devido à inexistência de dados sobre RAS para a bacia, considerou-se a vulnerabilidade quanto à qualidade da água de irrigação referente apenas à análise da salinidade da água.

O clima conferiu uma sensibilidade alta quanto à aridez às bacias do Parnaíba, Litoral e Metropolitana e muito baixa à do Baixo Mundaú. O percentual da área dessas bacias onde predomina o clima semi-árido corresponde a 77,26% na bacia do Parnaíba, 40,21% na Metropolitana, 23,62% no Litoral e 1,92% no Baixo Mundaú, de acordo com o Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação (MMA, 2004).

Agregando os indicadores do critério “sensibilidade”, obteve-se uma vulnerabilidade alta nas bacias do Parnaíba e Metropolitana, média no Litoral e baixa no

Baixo Mundaú, quando se observaram apenas fatores do meio físico e biótico que influenciam na sensibilidade às questões ambientais analisadas.

4.5.4.3 Indicadores da Capacidade de Resposta

A capacidade de resposta foi avaliada pelos seguintes indicadores: áreas em unidades de conservação, conservação do solo, acesso à coleta e destino do lixo, acesso à rede de abastecimento de água, acesso a esgotamento sanitário, disponibilidade hídrica *per capita* e IDH-M.

As bacias em estudo possuíam pequenas áreas protegidas em unidades de conservação, o que representou uma capacidade de resposta muito baixa em proteger os ecossistemas da região, levando a uma alta vulnerabilidade do indicador Áreas em Unidades de Conservação. A bacia do Litoral foi a mais crítica, com 99,75% da sua área sem proteção, seguida da bacia do Parnaíba, com 99,31%, do Baixo Mundaú, com 98,59% e da Metropolitana, com 98,57%.

As ações de conservação do solo – relativas a combate e/ou controle da salinização, combate e/ou controle a processos erosivos, fiscalização e ou controle do uso de fertilizantes e agrotóxicos, incentivo à promoção e práticas de agricultura orgânica, recuperação de áreas degradadas de mineração ou agropecuária – também foram pouco praticadas pelos municípios com sede nas bacias em estudo, conferindo uma capacidade de resposta muito baixa nas bacias do Baixo Mundaú, Litoral e Parnaíba e baixa na bacia Metropolitana. No Baixo Mundaú, os municípios de Maceió e Chã Preta apresentaram o maior percentual de adoção das ações de conservação do solo na bacia, 60%. Na bacia do Parnaíba, sete municípios adotaram 20% das ações de conservação e os demais, nenhuma ação. No Litoral, o município de Trairi apresentou o maior percentual de ações de conservação, 40%. Na bacia Metropolitana, destacaram-se os municípios de Aratuba, Guaramiranga, Beberibe e Maracanaú, que adotaram 60% das ações de conservação, maior valor praticado nessa bacia.

O acesso à rede de abastecimento e ao tratamento convencional (operações de coagulação, sedimentação e filtração para clarificação da água, seguida de correção de pH, e desinfecção) da água foi mediano nas bacias em estudo. Na bacia do Litoral, a maior capacidade de resposta desse indicador ocorreu no município de Itapipoca, que apresentou

vulnerabilidade de 1,31, e a menor capacidade, no município de Itarema, com vulnerabilidade de 1,86. Os municípios com menor e maior vulnerabilidades na bacia Metropolitana foram Fortaleza (1,07) e Ocara (1,97). No Baixo Mundaú, destacaram-se os municípios de Barra de São Miguel e Pindoba, pela menor (1,09) e maior (1,91) vulnerabilidade, respectivamente. Na bacia do Parnaíba, o município que apresentou a menor vulnerabilidade foi Carnaubal (1,22) e o que apresentou maior foi Novo Oriente (1,97).

A capacidade de resposta relacionada ao acesso da população a serviços de coleta e destino adequado do lixo foi baixa nas bacias do Litoral, do Baixo Mundaú e Metropolitana e média na bacia do Parnaíba. No Litoral, o município com maior capacidade de resposta para esse indicador foi Itarema, com vulnerabilidade de 1,38 e o com menor capacidade de resposta foi Tururu, com vulnerabilidade de 1,91. No Baixo Mundaú, o município com melhor resposta foi Maceió, com vulnerabilidade de 1,04, e o com menor resposta, Porto de Pedras, com vulnerabilidade de 1,93. Na bacia Metropolitana, a melhor resposta ocorreu em Fortaleza (1,03) e a menor em Choró (1,94). Os municípios da bacia do Parnaíba com maior e menor respostas ao descarte adequado do lixo foram Independência (1,36) e Ubajara (1,86), respectivamente.

A capacidade de resposta quanto ao acesso a esgotamento sanitário (rede geral e fossa séptica) foi muito baixa nas bacias do Litoral e Parnaíba e baixa nas bacias do Baixo Mundaú e Metropolitana. Na bacia do Litoral, o maior percentual de acesso a esgotamento, 25,36%, ocorreu em Irauçuba; no Parnaíba, em Crateús (26,32%); na Metropolitana, em Itaitinga (80,36%); e no Baixo Mundaú, em Barra de São Miguel (73,19%).

A disponibilidade hídrica per capita foi crítica em todas as bacias em estudo, revelando uma capacidade de resposta muito baixa dessas bacias frente a crescente demanda hídrica. A bacia com menor disponibilidade hídrica foi a do Litoral, com apenas $88,23 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, seguida da Metropolitana, com $165 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, do Baixo Mundaú, com $575,81 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, e do Parnaíba, com $621,90 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) em todas as bacias em estudo foi alto, levando a uma alta capacidade de resposta quanto às questões de saúde, renda e educação, de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000). Os municípios com melhor e pior IDH-M na bacia Metropolitana foram Maranguape (0,736) e Eusébio (0,57), respectivamente. No Baixo Mundaú, o IDH-M variou de 0,499, em Porto das Pedras, a 0,739, em Maceió. No Litoral, os valores estiveram entre 0,583, em Miraíma e 0,666, em Paraipaba. Na bacia do Parnaíba, O IDH-M encontrou-se entre 0,557, em Croatá, e 0,676, em Crateús.

A agregação dos indicadores do critério “capacidade de resposta” mostrou uma vulnerabilidade alta nas bacias em estudo, quando se considerou apenas a resposta da sociedade.

A agregação dos critérios de exposição, sensibilidade e capacidade de resposta revelou uma vulnerabilidade média em todas as bacias: 1,57 na bacia Metropolitana; 1,55 nas bacias do Litoral e do Parnaíba; e 1,52 na do Baixo Mundaú.

4.5.5 Dados gerais da avaliação de desempenho ambiental do SCV em comparação ao SCS

A Figura 76 apresenta o quadro resumo com os dados gerais da avaliação de desempenho dos substratos na produção de Carola.

DADOS GERAIS

1. Tecnologias avaliadas

INOVAÇÃO:	Substrato de coco verde - SCV
TECNOLOGIA COMPARAÇÃO:	Substrato de coco seco - SCS

2. Função e Unidade Funcional

Função da Inovação:	Suporte físico ao enraizamento de roseiras para a produção de rosas
Unidade Funcional adotada:	Suporte físico à produção de uma rosa comercializável da variedade Carola

3. Etapas do ciclo de vida e unidades produtivas e de descarte de resíduos utilizadas no levantamento dos dados

Tecnologias	ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3 - Uso		ETAPA 4 - Descarte final
			ETAPA 3a - Uso na produção de mudas	ETAPA 3b - Uso na produção de rosas	
Substrato de coco verde - SCV	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
Substrato de coco seco - SCS	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	Produção do SCS - Recicasco	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa

4. Fluxo de referência dos valores de produção para atender a Unidade Funcional ao longo do ciclo de vida

Tecnologias	ETAPA 1 - Matéria-prima (Kg de cascas descartadas)	ETAPA 2 - Produção (Kg de substrato produzido)	ETAPA 3 - Uso		ETAPA 4 - Descarte final (número de rosas produzidas com substrato descartado)
			ETAPA 3a - Uso na produção de mudas (número de mudas viáveis produzidas)	ETAPA 3b - Uso na produção de rosas (número de rosas Carola comercializáveis)	
Substrato de coco verde - SCV	3,65	2,42	1	1	1
Substrato de coco seco - SCS	11,26	1,62	1	1	1

5. Vulnerabilidade das bacias hidrográficas

Tecnologias	Vulnerabilidade ambiental	ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3 - Uso	ETAPA 4 - Descarte final
Substrato de coco verde - SCV	Bacia	Metropolitana (CE)	Metropolitana (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
	Índice Final de Vulnerabilidade	1,57	1,57	1,55	1,55
Substrato de coco seco - SCS	Bacia	Litoral (CE)	Baixo Mundaú (AL)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
	Índice Final de Vulnerabilidade	1,55	1,52	1,55	1,55

FIGURA 76 – Dados Gerais da avaliação de desempenho ambiental do SCV em comparação ao SCS, na produção de rosas da variedade Carola

4.5.6 Desempenho ambiental da Etapa 1 – Matéria-prima

Nessa primeira etapa, avaliou-se o desempenho ambiental do descarte de cascas de coco verde no aterro ASMOC e da incorporação de cascas de coco seco ao solo na Fazenda Lagoa das Mercês. Como a vulnerabilidade ambiental da bacia Metropolitana, onde o ASMOC está situado, é um pouco superior (1,57) à da bacia do Litoral, onde a Fazenda está localizada (1,55), o índice de vulnerabilidade aumentou os valores dos indicadores, repercutindo num impacto maior para a atividade de descarte de resíduos da casca de coco verde.

O levantamento de campo realizado foi referente ao descarte mensal no ASMOC de 7.221.375 kg de cascas de coco verde e à incorporação mensal ao solo de 66.800 kg de cascas de coco seco. Os valores encontrados para os indicadores de desempenho em estudo para essas condições de levantamento foram ajustados para a unidade funcional estabelecida, que requer 11,26 kg de cascas de coco verde e 3,65 kg de cascas de coco seco para produção do substrato necessário ao enraizamento de 1 roseira na produção de 1 rosa da variedade Carola. Compreende-se que, quando o SCV é empregado na produção de uma rosa, deixa-se de utilizar 3,65 kg de cascas de coco seco na produção de SCS, que passa a ser incorporado ao solo. Da mesma maneira, quando o SCS é produzido e consumido, deixa-se de utilizar 11,26 kg de cascas de coco verde na produção de SCV, sendo essas cascas descartadas em aterro.

Foram utilizados nessa etapa da avaliação de desempenho 21 indicadores referentes à atividade de descarte de resíduos (Figura 77), com os pesos distribuídos igualmente entre os indicadores, na formação dos critérios. Os pesos dos critérios na formação dos princípios também foram equitativamente distribuídos.

Foi observado que nessa etapa da avaliação, o SCV apresentou desempenho inferior ao SCS apenas no critério “consumo de combustíveis” (Figura 78). Com relação aos princípios de desempenho ambiental, o desempenho do SCV foi igual ou superior ao do SCS (Figura 79). O **índice final dessa etapa** revelou uma grande diferença de desempenho entre as atividades realizadas, com um valor de 99,40 para o SCV e de 47,20 para o SCS (Figura 80).

Os resultados obtidos por cada indicador e critério estão detalhados a seguir. No Apêndice I se encontram os quadros e gráficos gerados nas planilhas Excel do modelo, utilizados para entrada dos dados e geração dos resultados de desempenho ambiental para essa etapa da avaliação.

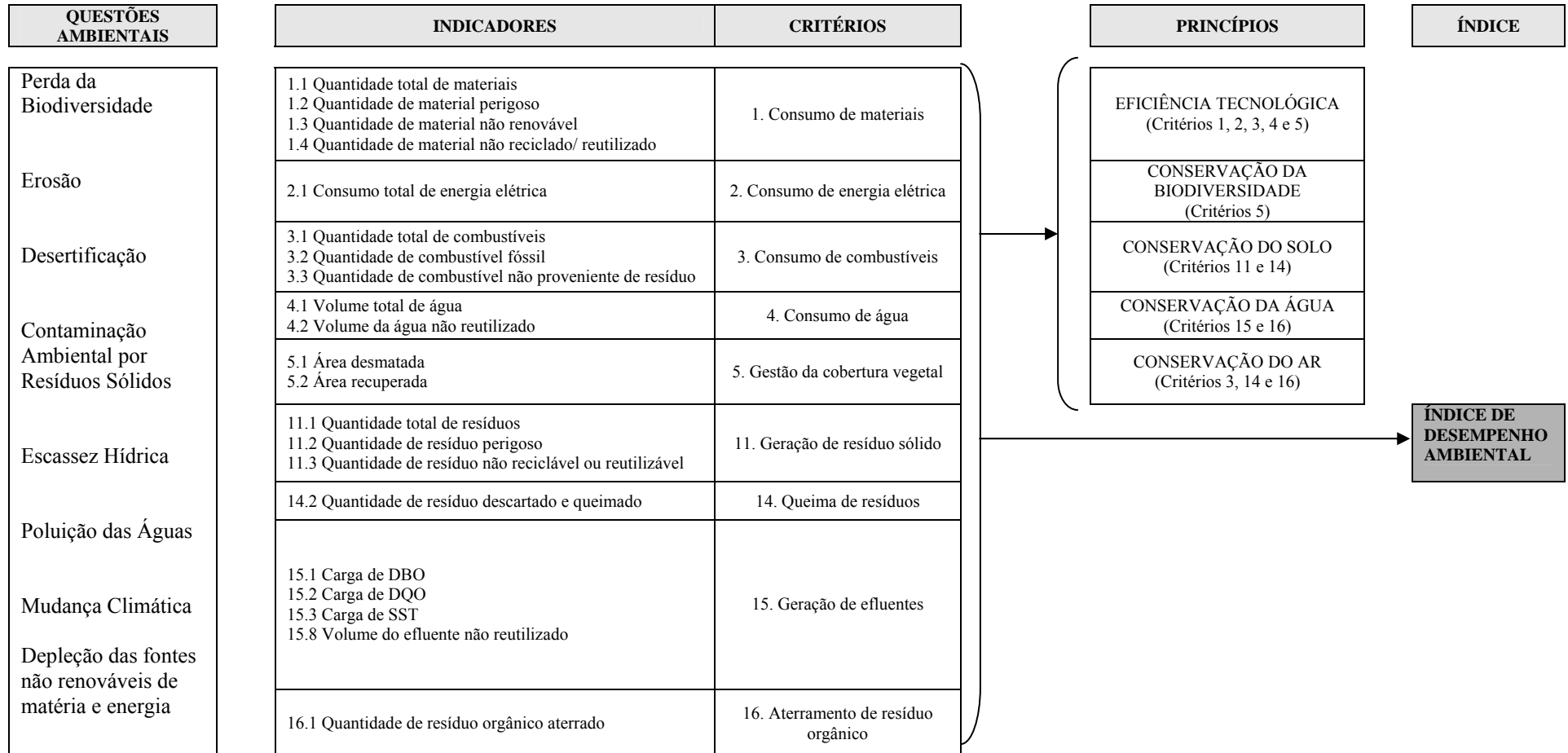


FIGURA 77 – Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação do uso do SCV e SCS na produção de Carola

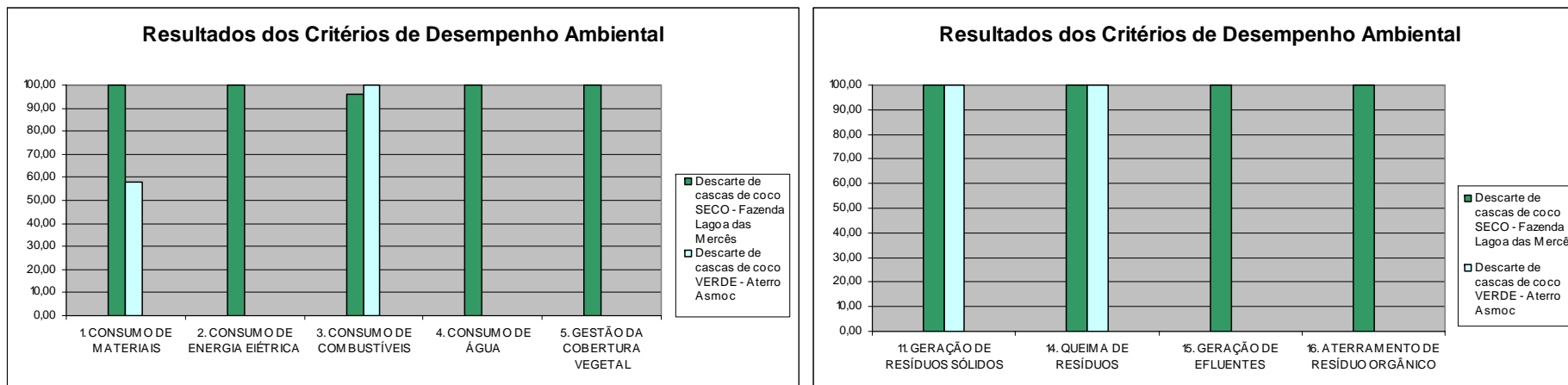


FIGURA 78 – Resultado do desempenho ambiental dos critérios na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

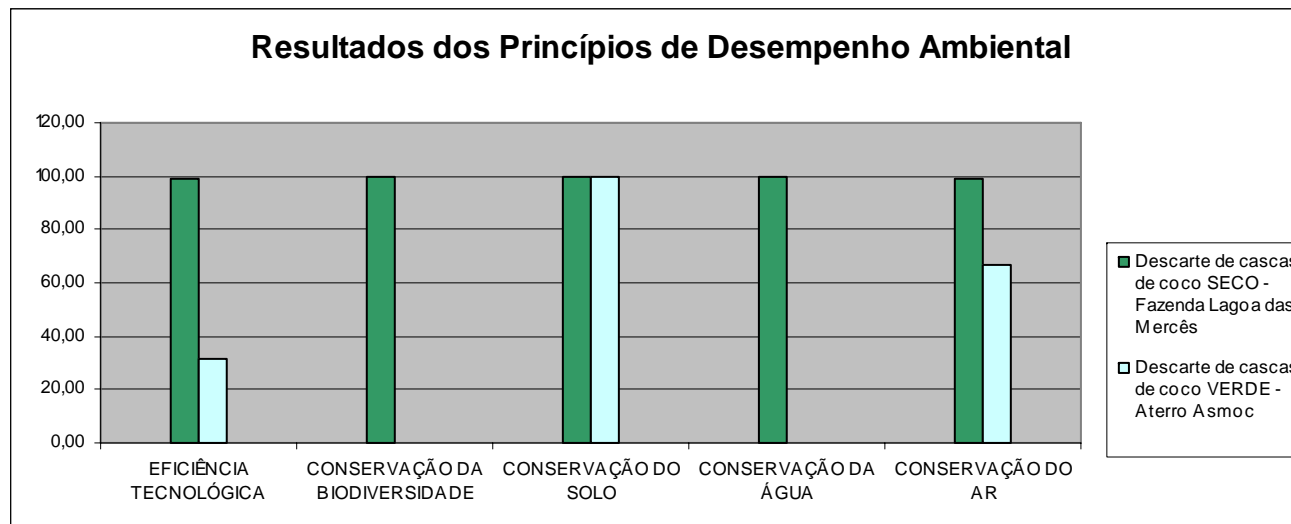


FIGURA 79 – Resultado do desempenho ambiental dos princípios na Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc
99,40	47,20

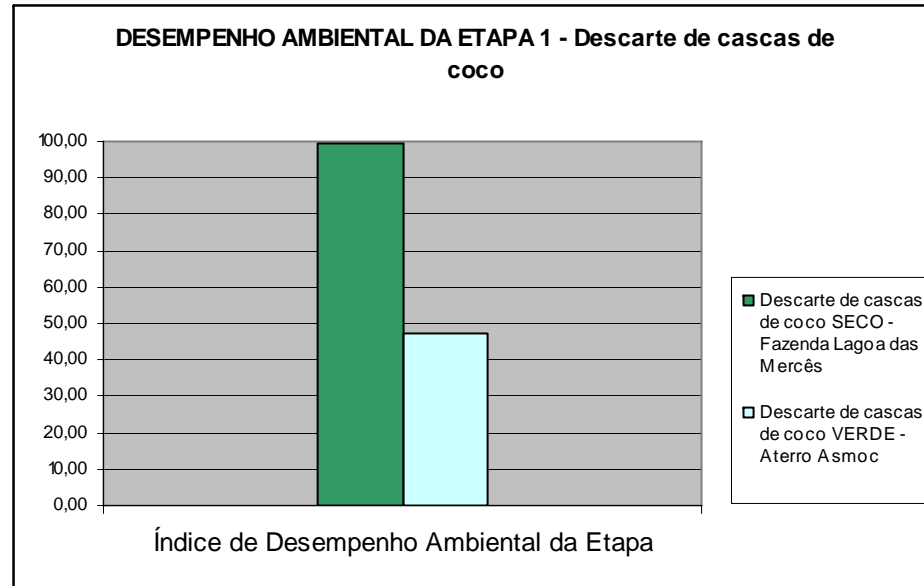


FIGURA 80 – Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 1 – Matéria-prima, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

O **consumo de materiais** nessa etapa esteve relacionado à massa de cascas descartadas ou incorporadas ao solo. Constatou-se que essa massa média, por rosa produzida, correspondeu a 11,26 kg de casca de coco verde e 3,65 kg de cascas de coco seco. Assim, quando comparados os consumos de material no descarte de cascas de coco, foi observado que a massa de cascas de coco verde foi superior a de coco seco, acarretando um desempenho ambiental menor do indicador “quantidade total de materiais”, para o SCS, por resultar no descarte de cascas de coco verde em aterro. Essas cascas não eram materiais perigosos, mas renováveis, implicando num mesmo desempenho ambiental máximo para os indicadores “quantidade de material perigoso” e “quantidade de material não renovável” de ambas as tecnologias. A “quantidade de material não reciclada ou reutilizada” foi nula na incorporação de cascas de coco seco ao solo e de 11,26 kg no descarte de cascas de coco verde em aterro, repercutindo num maior desempenho do SCV nesse indicador. Agregando-se o desempenho desses indicadores no critério “consumo de materiais”, observou-se, na escala utilizada de 0 a 100, um desempenho de 100 para o SCV e de 58,10 para o SCS.

O **consumo de energia elétrica** ocorreu apenas no aterro ASMOC, estando relacionado à iluminação noturna. O consumo médio de energia por rosa produzida em SCS foi de 0,001 kWh, por ocasionar o não uso das cascas de coco verde e o seu descarte em aterro. Assim, o desempenho ambiental do critério “consumo de energia elétrica” foi de 100 para o SCV e de zero para o SCS nessa etapa do ciclo de vida.

O **consumo de combustível** por tratores ocorreu pela movimentação e compactação das cascas de coco verde nas células de disposição de lixo e pela trituração e incorporação das cascas de coco seco ao solo. Para cada rosa produzida em SCV foi consumido, em média, 0,0033 L de diesel na incorporação de cascas de coco seco ao solo, enquanto para produção de uma rosa em SCS foi consumido, em média, 0,0032 L, no descarte em aterro das cascas de coco verde, sendo o desempenho ambiental do indicador “quantidade total de combustível” menor para o SCV. O consumo de combustível para incorporação das cascas de coco seco ao solo poderia ser reduzido com um planejamento do fluxo dos tratores limitando-se a uma passagem do trator com a trincha e outra com a grade num mesmo local. Como todo o combustível utilizado era fóssil e não era proveniente de resíduo, o desempenho ambiental dos indicadores “quantidade de combustível fóssil” e “quantidade de combustível que é resíduo” foi menor para o SCV. O desempenho obtido nessa etapa pelo critério “consumo de combustível” foi de 95,93 para o SCV e de 100 para o SCS.

O **consumo de água** ocorreu apenas no ASMOC, quando da lavagem dos caminhões e tratores do aterro, não sendo essa água reutilizada. O volume médio de água

utilizado por rosa cultivada em SCS nessa etapa foi de 0,0097 L, que, quando ponderado pela vulnerabilidade da bacia, ficou em 0,0153 L, resultando em um desempenho máximo (100) para o SCV e mínimo (zero) para o SCS nos indicadores “volume total de água” e “volume de água não reciclada” e, como consequência, no critério “consumo de água”.

Na avaliação da **gestão da cobertura florestal**, foi observado que o cultivo de rosa em SCS levou ao descarte das cascas de coco verde em aterro, acarretando o desmatamento de uma área média de 0,0003 m², enquanto a incorporação das cascas de coco seco ao solo contribui para a recuperação do solo de uma área média de 0,55 m². Esses valores aumentaram com a sua ponderação pelo índice de vulnerabilidade de cada bacia, resultando num desempenho máximo do SCV nos indicadores “área desmatada” e “área recuperada”. Quando os desempenhos desses indicadores foram agregados, obteve-se um desempenho máximo para SCV e mínimo para o SCS no critério “gestão da cobertura florestal”.

Nenhuma das atividades estudadas gerou resíduos sólidos ou efetuou queima de resíduos, o que levou a um desempenho ambiental máximo dos critérios “**geração de resíduos sólidos**” e “**queima de resíduos**” para os dois substratos.

A **geração de efluentes** ocorreu apenas no descarte de cascas de coco verde em aterro, sendo referente ao chorume oriundo da decomposição das cascas aterradas. Como não existia informação sobre a composição do chorume relativo apenas às cascas de coco, considerou-se o volume e a composição do chorume oriundo do lixo total descartado no ASMOC. De acordo com Capelo Neto e Castro (2005), o volume de chorume gerado numa célula do ASMOC com 230.000 t de lixo variou entre 15 e 60 mm/mês, ou seja, foi, em média, 224.000 L/mês para uma célula de 7.000 m². Considerando que em torno de 8,68% do lixo que chega ao aterro era constituído de casca de coco verde, estimou-se em 7.033L.mês⁻¹ o volume de chorume associado à degradação do coco verde no aterro. Esse volume, quando ajustado à unidade funcional (11,26 kg de casca de coco verde) e ponderado pela vulnerabilidade da bacia Metropolitana, resultou em 0,017 L/mês, volume não reciclado ou reutilizado que repercutiu num desempenho mínimo do SCS no indicador “volume do efluente não reutilizado”. Embora a geração de efluentes seja analisada pelas cargas de DQO, DBO, SST, OG, FT e NTK e pela CE, somente as concentrações de DBO, DQO e SST foram analisadas, de acordo com o trabalho realizado por Rocha, Mota e Santos (2008). Segundo esses autores, as concentrações médias de DBO, DQO e SST encontradas no efluente bruto do ASMOC foram 546 mg/L, 1.447 mg/L e 162 mg/L, respectivamente. Constatou-se a geração nessa etapa de uma carga média de 0,006 g de DBO, de 0,016 g de DQO e de 0,002 g de SST,

por rosa produzida em SCS. Assim, os indicadores “carga de DBO”, “carga de DQO” e “carga de SST” alcançaram desempenho mínimo (zero) na produção de uma rosa em SCS, por acarretar a geração de efluente pela decomposição anaeróbia das cascas de coco verde em aterro, e máximo (100) na produção em SCV. Como consequência, o SCV obteve desempenho máximo (100) no critério “geração de efluente”, nessa etapa de estudo.

O **aterramento de resíduo orgânico** ocorreu apenas no descarte de cascas de coco verde em aterro, contribuindo para o lançamento de gases de efeito estufa. O cultivo de uma rosa em SCS levou ao aterramento de 11,26 kg de cascas de coco verde, que, ao ser ponderado pelo índice de vulnerabilidade da bacia Metropolitana, ficou em 17,68 kg, resultando em um desempenho ambiental máximo para o SCV e mínimo para o SCS no indicador “quantidade de resíduo aterrado” e no critério “aterramento de resíduo orgânico”.

4.5.7 Desempenho ambiental da Etapa 2 – Produção

Os dados referentes à etapa de produção de SCV foram levantados na Cooperativa de Beneficiamento de Coco Verde do Jangurussu, para uma produção de 116,12 kg de substrato, sendo os valores dos indicadores posteriormente ajustados à unidade funcional estabelecida, que requer 2,42 kg de SCV para produção de uma rosa. Os dados relativos à produção de SCS foram levantados na empresa Recिकासco, para uma produção de 182,47 kg de substrato, requerendo também o ajuste dos valores dos indicadores para atender a unidade funcional estabelecida de 1,62 kg de SCS.

Como a vulnerabilidade ambiental da bacia Metropolitana, onde a Cooperativa está situada, é um pouco superior (1,57) à da bacia do Baixo Mundaú, onde a Recिकासco está localizada (1,55), o índice de vulnerabilidade aumentou os valores dos indicadores, repercutindo num aumento um pouco maior para a produção de SCV realizada na bacia Metropolitana.

Foram utilizados 22 indicadores referentes à atividade agroindustrial (Figura 81), com os pesos distribuídos igualmente entre os indicadores, na formação dos critérios. Embora os critérios “durabilidade do produto” e “uso de aditivos em alimentos” possam ser utilizados em atividades agroindustriais, não foram contemplados devido a essa etapa não ser a de uso do produto, onde é avaliado a sua durabilidade, nem a agroindústria em questão ser de

produção de alimentos, quando pode ocorrer o uso de aditivos. Os pesos dos critérios na formação dos princípios também foram equitativamente distribuídos.

De todos os critérios e princípios em estudo, concluiu-se que na atividade de produção, o SCV apresentou desempenho igual ou inferior ao SCS (Figura 82 e 83). O **índice final dessa etapa** apontou um desempenho inferior do SCV (73,34) em relação ao SCS (100) na etapa de produção (Figura 84).

O menor desempenho do SCV deveu-se, em parte, ao fato da quantidade produzida analisada desse substrato ter sido maior que a do SCS, uma vez que a produção de uma rosa Carola demandou quantidades diferenciadas de SCV e SCS. Mas também foi possível observar aspectos na produção que poderiam ser melhorados, resultando num melhor desempenho para o SCV. Esses aspectos serão abordados na descrição dos indicadores apresentados a seguir. No Apêndice J se encontram os quadros e gráficos utilizados para entrada dos dados e geração dos resultados de desempenho ambiental para essa etapa.

O **consumo de material** se refere às cascas de coco que foram as matérias-primas do SCV e do SCS. A quantidade de cascas de coco verde necessária ao SCV para produção de uma rosa foi, em média, de 11,26 kg, e a de cascas de coco seco necessária ao SCS foi, em média, de 3,65 kg. Esses valores revelam que o consumo de materiais foi maior na produção de SCV, conferindo um menor desempenho ambiental a esse substrato no indicador “quantidade total de material”. Como a casca de coco não era produto perigoso, era renovável e um resíduo que estava sendo utilizado, os indicadores “quantidade de material perigoso”, “quantidade de material não renovável” e “quantidade de material não reciclado ou reutilizado” receberam desempenho máximo (100) na avaliação dos dois substratos. Assim, nessa etapa da avaliação, o SCV obteve um desempenho de 83,09 e o SCS, de 100, no critério “consumo de materiais”.

Na produção de SCV foi demandada **energia elétrica** nas etapas de trituração, peneiramento, lavagem da fibra e bombeamento do material decantado. Já na produção de SCS, necessitou-se de energia para trituração, prensagem e separação do substrato. O consumo de energia por rosa na produção de SCV (0,32 kWh) foi um pouco superior ao consumo na produção do SCS (0,22 kWh), resultando em um melhor desempenho ambiental do SCS (100) em relação ao SCV (68,37), no indicador “quantidade total de energia elétrica” e no critério “consumo de energia”. A quantidade de energia consumida na produção do SCV pode ser reduzida com melhorias no sistema de trituração que “engasgava” com resíduos mais sólidos provenientes do endocarpo do coco verde, acarretando freqüentes paradas na produção e aumentando o tempo de processamento e o consumo de energia.

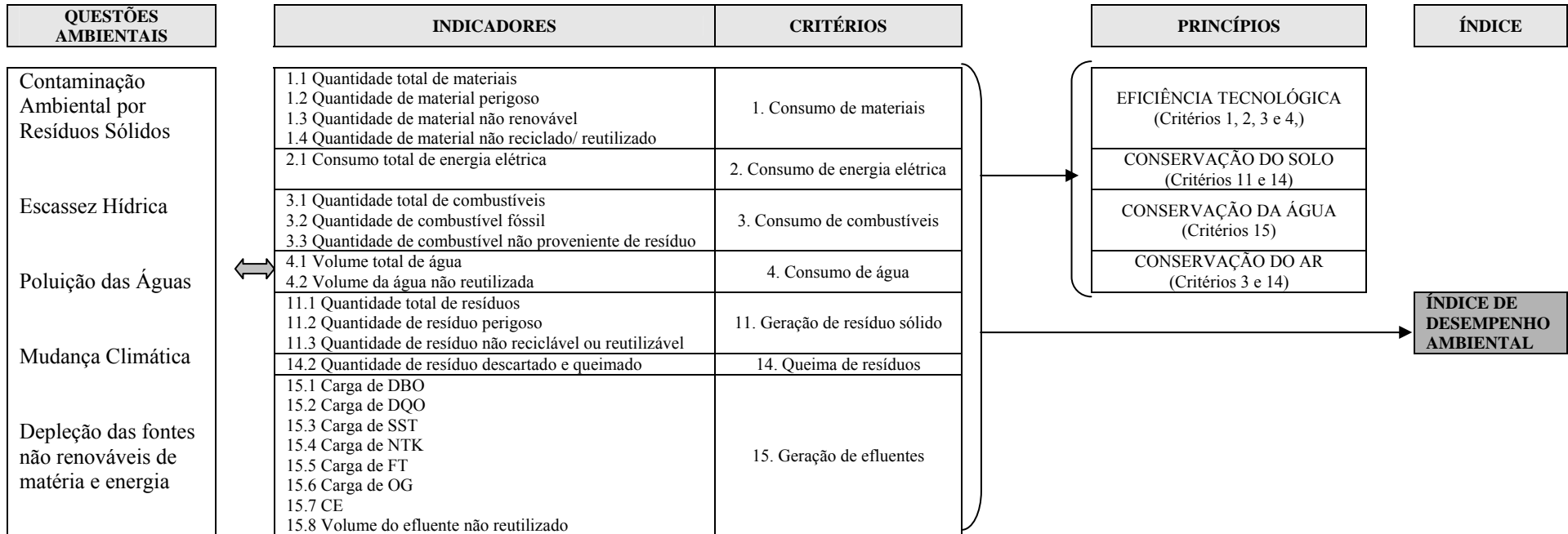


FIGURA 81 – Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 2 – Produção, na avaliação do uso do SCV e SCS na produção de Carola

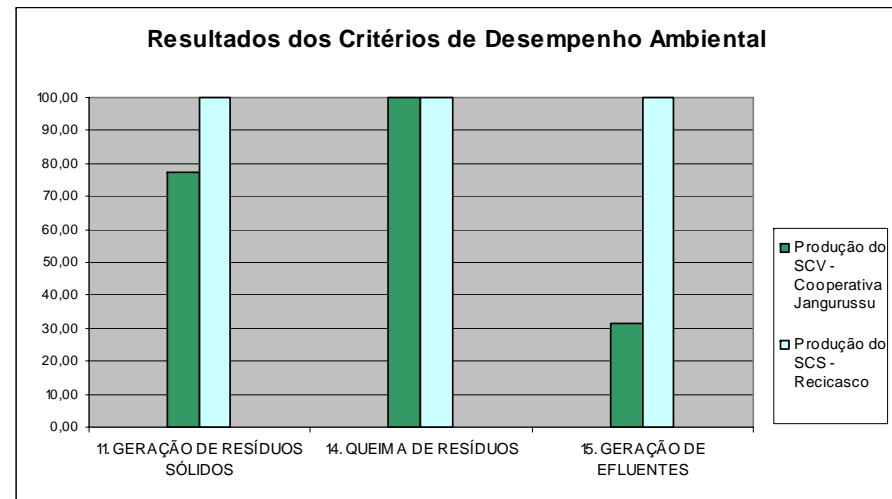
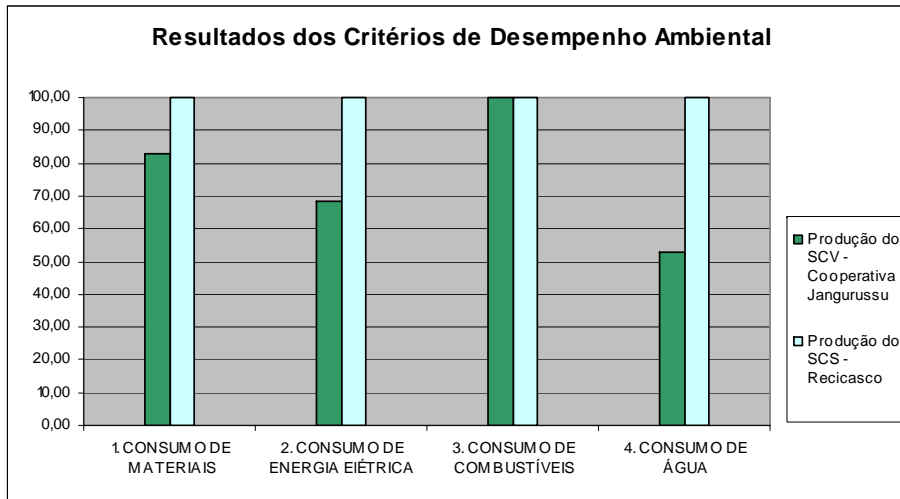


FIGURA 82 – Resultados dos critérios de desempenho na Etapa 2 – produção, da avaliação do uso de SCV e do SCS na produção de rosas Carola

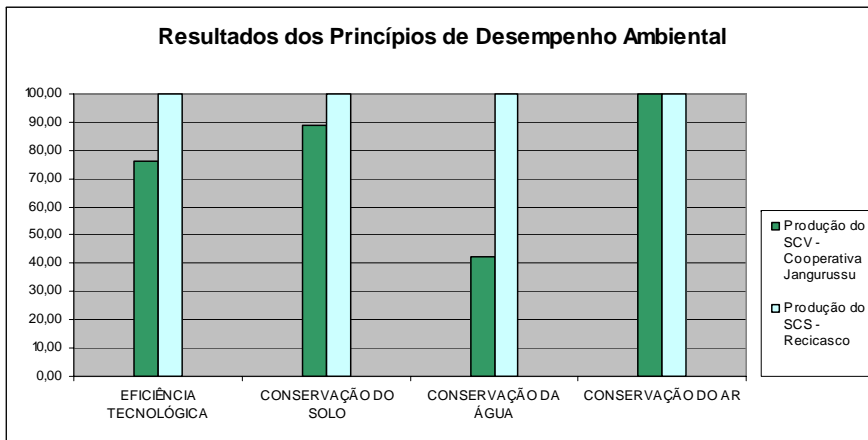


FIGURA 83 – Resultados dos princípios de desempenho na Etapa 2 – produção, da avaliação do uso SCV e do SCS na produção de rosas Carola

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Produção do SCS - Recिकासco
73,34	100,00

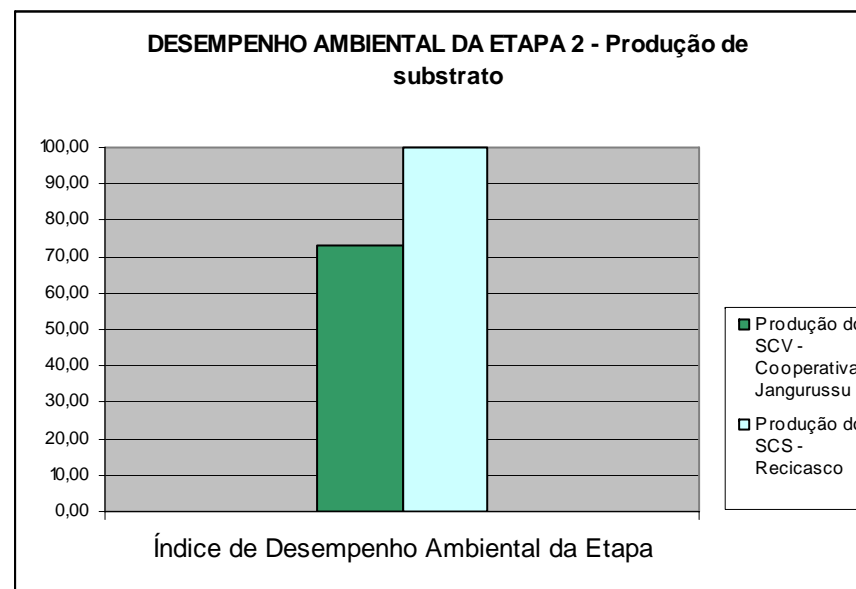


FIGURA 84 – Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 2 – produção, da avaliação do uso dos SCV e SCS na produção de rosas Carola

Em nenhum dos processos avaliados foi utilizado combustível. Assim, o desempenho ambiental de ambos os substratos no critério “**consumo de combustíveis**” foi máximo.

Na produção de SCV, ocorreu o **consumo de água** na lavagem do pó visando reduzir sua condutividade elétrica (CE) a um dS/m e na lavagem das máquinas ao final de cada dia. Na produção de SCS, foi utilizada água para lavagem das fibras que continham pó. O volume de água utilizado na produção do SCV (15,80 L), por rosa comercializada, foi superior ao utilizado na produção do SCS (8,61 L). Devido à vulnerabilidade da bacia Metropolitana, onde está situada a Cooperativa do Jangurussu, ter sido superior à da bacia do Baixo Mundaú, onde se localiza a empresa Recicasco, essa diferença de consumo entre tecnologias foi ampliada, contribuindo para um desempenho inferior do SCV no indicador “volume total de água”. Em nenhum dos processos se utilizou água reciclada, sendo o volume não proveniente de reúso maior na produção do SCV, o que levou a uma pontuação mínima do indicador “volume de água não reciclada” na produção desse substrato. O desempenho ambiental do critério “consumo de água” para o SCV foi inferior (52,77) ao do SCS (100,00).

O volume de água utilizado na produção do SCV pode ser reduzido com um aumento na eficiência do processo de prensagem, na retirada do líquido das cascas de coco verde (LCCV), do processo de lavagem do substrato e do processo de lavagem das máquinas. Uma maior prensagem das cascas reduz a quantidade de líquido retido no substrato, reduzindo sua CE e posterior necessidade de água para sua lavagem. Embora houvesse a indicação técnica de utilizar um volume de água de lavagem do SCV igual ao volume de substrato com retirada dessa água 24 h após a imersão, não foram utilizados equipamentos que permitissem esse controle de volume e do tempo, sendo em alguns momentos utilizada água corrente para redução da CE do substrato. Também, a lavagem das máquinas foi realizada com água corrente por períodos que variaram de meia a uma hora. Uma melhor limpeza manual dos equipamentos antes da lavagem e o uso de baldes poderá reduzir esse volume de água.

Os **resíduos sólidos** gerados na produção dos substratos eram provenientes das sobras de material que caíam ao longo do processo de produção e de materiais que ainda não encontraram mercado. A quantidade média de resíduos sólidos por rosa Carola oriunda da produção de SCV foi maior (0,90 kg) que a gerada na produção de SCS (0,30 kg), resultando em um desempenho inferior do SCV no indicador “quantidade total de resíduos”. Como os resíduos não eram perigosos e eram recicláveis, podendo ser compostados em conjunto com outros resíduos orgânicos, os indicadores “quantidade de resíduo perigoso” e “quantidade de resíduo não reciclável/compostável” obtiveram desempenho máximo nos dois substratos. Na

avaliação do critério “geração de resíduo sólido”, o desempenho do SCV (77,47) foi inferior ao do SCS (100,00).

As sobras de material que caíam do conjunto de máquinas produtoras do SCV, poderiam ser reintroduzidas no processo, mas, no entanto, eram retiradas e consideradas resíduos. O material oriundo do sistema de peneiras que retirava fibras longas ainda incorporadas ao pó poderia ser reservado para posterior mistura com outros materiais, uma vez que o mercado de substrato requer materiais com granulometrias diferentes para cultivos de diferentes espécies vegetais.

Os resíduos gerados não foram queimados em nenhum dos processos, implicando num desempenho máximo para os dois substratos no critério “**queima de resíduos**”.

O processo de produção do SCV gerou três tipos de **efluentes**: o da prensagem da casca de coco verde (líquido da casca de coco verde – LCCV), o da lavagem do substrato e o da lavagem das máquinas. Já a produção de SCS gerou efluentes na etapa de lavagem das fibras que contém pó entre elas. O efluente do líquido da casca de coco verde (LCCV) da produção de SCV apresentou concentrações médias superiores de todos os parâmetros analisados em relação aos demais efluentes da produção de SCV e de SCS. Em relação às concentrações médias da lavagem do pó, o efluente da lavagem do SCV apresentou valores superiores para FT, NT e CE e valores inferiores para os demais parâmetros (Tabela 20). Foi observado que ocorreu grande variação nas concentrações dos parâmetros analisados nas amostras coletadas, devido às cascas de coco serem resíduos com diferentes tempos de descarte e de origem indiscriminada. Agregando-se os volumes dos efluentes e ajustando o volume final para a quantidade de substrato necessária à produção de uma rosa, foram gerados, em média, 12,51 L de efluente na produção de SCV e de 6,69 L, na de SCS. As cargas resultantes de DBO, DQO, SST, OG, NT e FT de cada etapa de produção do SCV, ajustadas à produção de uma rosa e ponderadas pelo índice de vulnerabilidade da bacia Metropolitana, foram bem superiores às da produção do SCS. Em ambos os processos, não houve reúso dos efluentes gerados, implicando num desempenho menor para o indicador “volume do efluente não reutilizado” na avaliação da produção de SCV. Em uma avaliação conjunta dos indicadores no critério “geração de efluentes”, o desempenho ambiental do SCV (31,66) foi inferior ao do SCS (100).

TABELA 20 – Características dos efluentes da Etapa 2 - produção de SCV e de SCS

Parâmetros*	SCV									SCS		
	LCCV			Lavagem do pó			Lavagem das máquinas			Lavagem do pó		
	Concentração média	Desvio padrão	CV (%)	Concentração média	Desvio padrão	CV (%)	Concentração média	Desvio padrão	CV (%)	Concentração média	Desvio padrão	CV (%)
CE (dS/m)	4,14	0,64	16%	2,66	0,11	4%	1,84	1,19	65%	0,69	0,01	2%
OG (mg/L)	562,10	267,14	48%	4,96	1,61	33%	246,90	11,04	4%	18,57	13,18	71%
SST (mg/L)	7.297,00	915,00	13%	660,00	503,46	76%	1.774,00	1.394,41	79%	1.366,50	122,33	9%
NTK (mg/L)	147,67	107,81	73%	9,81	11,62	118%	26,45	5,16	20%	8,85	1,23	14%
DQO (mg/L)	65.248,50	9.837,98	15%	6.190,50	5.683,02	92%	18.142,50	17.657,16	97%	13.265,00	9.801,91	74%
DBO (mg/L)	37.715,00	1.961,51	5%	5.102,50	4.958,94	97%	9.896,00	9.370,58	95%	9.529,50	7.169,36	75%
Fósforo Total (mg/L)	46,43	39,35	85%	32,85	0,35	1%	17,92	16,29	91%	11,48	6,11	53%

* OG = óleos e graxas; DQO = demanda química de oxigênio; DBO = demanda bioquímica de oxigênio; SST = sólidos suspensos totais; FT = fósforo total; NTK = nitrogênio total Kjeldahl; CE = condutividade elétrica.

Uma alternativa à redução da carga poluente da produção do SCV é a redução do volume de efluentes provenientes das lavagens das máquinas e do substrato, com um melhor controle do processo, como já foi indicado. Entretanto, como a principal carga poluente foi proveniente do LCCV e este líquido precisa ser retirado com ainda maior eficiência, devem-se intensificar pesquisas para o reúso desse efluente em outros processos produtivos, como na geração de biogás ou fertirrigação, melhorando assim o desempenho do critério “geração de efluentes”.

4.5.8 Desempenho ambiental da Etapa 3 – Uso

A etapa de uso da tecnologia é subdividida em duas atividades que ocorreram na empresa Cearosa: uso do substrato na produção de mudas e uso do substrato na produção de rosas. A seguir, são apresentados os resultados de desempenho ambiental para a produção de mudas e de rosas da variedade Carola. Como a bacia hidrográfica é única para a produção com SCV e com SCS, o índice de vulnerabilidade não interferiu no desempenho ambiental das tecnologias nessa etapa.

Tanto na produção de mudas como na de rosas Carola, foram utilizados 35 indicadores referentes à atividade agrícola nessa etapa da avaliação de desempenho (Figura 85), com os pesos distribuídos igualmente entre os indicadores, na formação dos critérios. Os pesos dos critérios na formação dos princípios também foram equitativamente distribuídos.

4.5.8.1 Etapa 3a – Uso do substrato na produção de mudas de Carola

Embora o experimento conduzido na produção de mudas da variedade Carola tenha utilizado material para produção de 288 mudas com SCV e 288 com SCS, a quantidade de mudas aceitas no final para produção de rosas foi de 212 mudas cultivadas com SCV e 203, com SCS. Assim, os valores dos indicadores foram relativos à quantidade de mudas aceitas, sendo em seguida ajustados para atender à produção de uma muda aceita que será utilizada na produção de uma rosa.

Observou-se que somente o critério “consumo de água” e os princípios “eficiência tecnológica” e “conservação da água” apresentaram desempenho inferior na produção de mudas de Carola com SCV, em relação à produção com SCS (Figuras 86 e 87). O índice final de desempenho ambiental revelou um desempenho similar para a produção de mudas de Carola com o SCV (93,18), quando comparada com o desempenho da produção utilizando SCS (92,72) (Figura 88).

Os resultados obtidos por cada indicador e critério estão detalhados a seguir. No Apêndice K se encontram os quadros e gráficos gerados nas planilhas Excel do modelo, utilizados para entrada dos dados e geração dos resultados de desempenho ambiental para essa etapa da avaliação.

O **consumo de materiais** na produção de mudas de Carola se referiu ao uso de substrato e de estacas. A massa de materiais por muda Carola aceita, produzida em SCV, foi de 39 g e em SCS, de 46 g, observando-se uma maior quantidade de materiais na produção em SCS. Assim, o indicador “quantidade total de materiais” na avaliação do SCV obteve desempenho superior ao SCS. Tanto os substratos utilizados como as estacas não eram materiais perigosos, mas renováveis e obtidos de materiais reciclados ou reutilizados, levando a um mesmo desempenho máximo para os indicadores “quantidade de material perigoso”, “quantidade de material não renovável” e “quantidade de material não reciclado ou reutilizado” em ambas as tecnologias. Agregando-se o desempenho dos indicadores, o critério “consumo de materiais” apresentou desempenho superior para a produção de mudas com SCV (100), em relação ao SCS (96,28).

A produção de mudas não utilizou energia e combustíveis, o que levou a um desempenho ambiental máximo dos critérios “**consumo de energia elétrica**” e “**consumo de combustíveis**” na produção com os dois substratos.

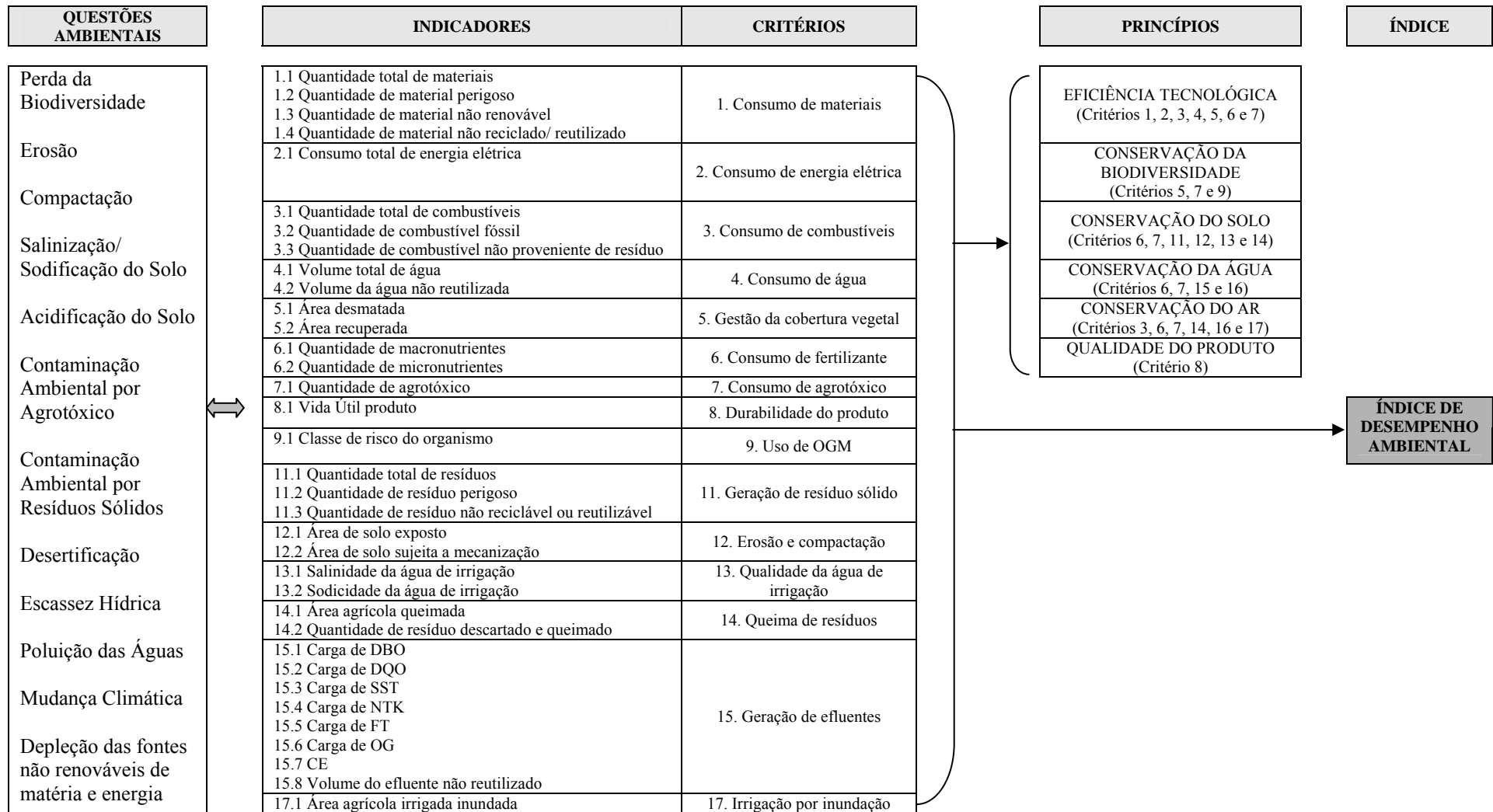


FIGURA 85 – Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 3a – Uso do SCV e SCS na produção de mudas de rosas Carola

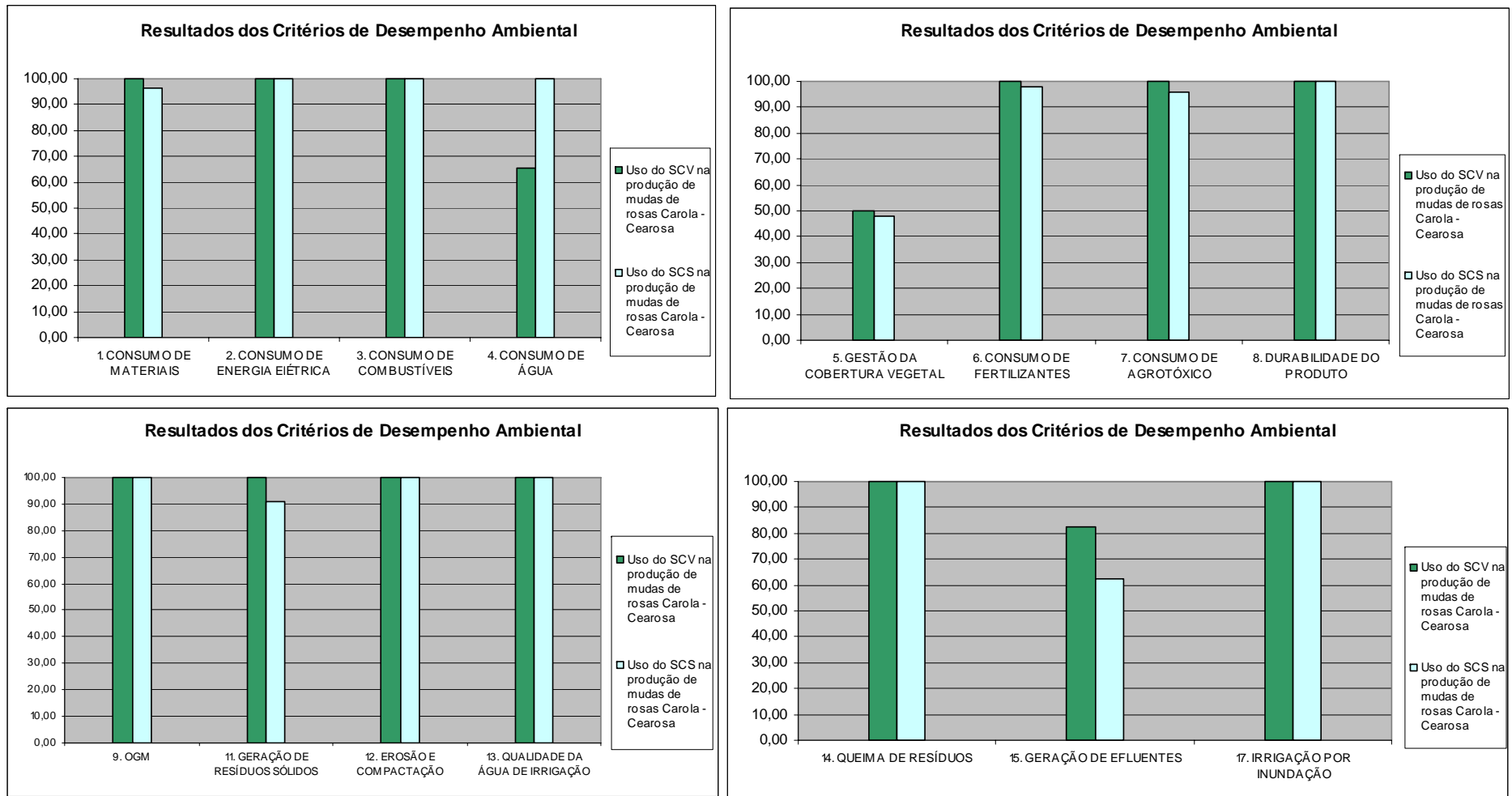


FIGURA 86 – Resultados por critério na Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas Carola, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

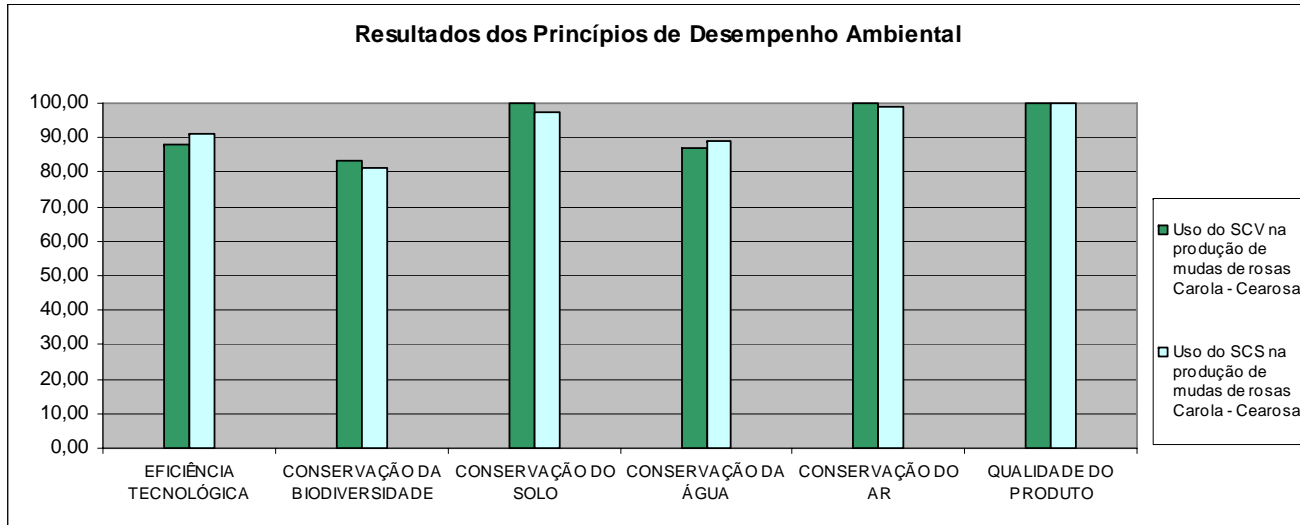


FIGURA 87 – Resultados por princípio na Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
93,18	92,72

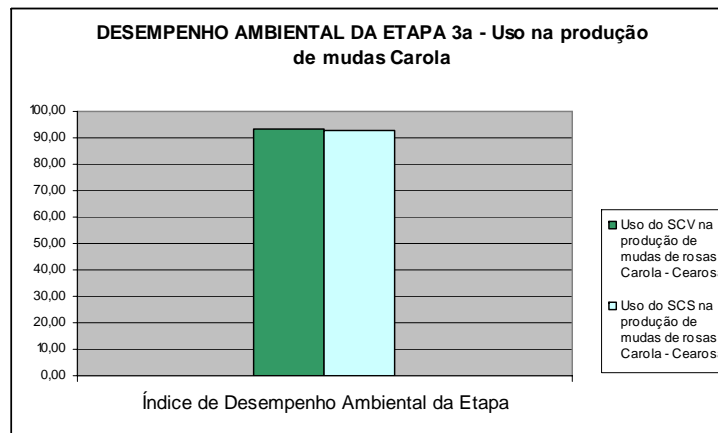


FIGURA 88 – Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 3a – uso do substrato na produção de mudas de rosas, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

O **consumo de água** na produção de mudas ocorreu no início do processo, quando da lavagem dos substratos. Devido à CE da água de lavagem do SCV ter inicialmente sido de 1dS/m, o volume de água necessário a sua lavagem (0,42 L) para produção de uma muda aceita foi maior que o utilizado para a lavagem do SCS (0,27 L), o que levou a um menor desempenho do indicador “volume total de água” para o SCV. O volume de água na lavagem do SCV poderia ser em muito reduzido, adotando-se melhorias no processo de prensagem e lavagem do substrato já pontuados na descrição da etapa 2 de produção do substrato. Toda a água utilizada não foi proveniente de reúso, sendo o total menor para o SCS, levando a um desempenho ambiental máximo para o indicador “volume de água não reutilizada” para esse substrato. O resultado do desempenho do critério “consumo de água” foi inferior para a produção de mudas com SCV (32,64), quando comparado ao SCS (50,00).

A produção de uma muda aceitável com SCV requereu uma área de 0,0056 m² e na produção com SCS, de 0,0058 m², levando a um desempenho superior ao SCV no indicador “área desmatada”. Como em ambos os cultivos não ocorreu recuperação de área degradada, o indicador “área recuperada” recebeu pontuação mínima. O desempenho do critério “**gestão da cobertura vegetal**” foi maior (50,00) na produção com SCV, quando comparada à produção com SCS (47,88).

Os agroquímicos utilizados na produção das mudas foram cálcio quelatado, aminoácido (Megafol) e fungicida biológico (Ecotrich). Embora tenha sido aplicada a mesma quantidade de cálcio na produção de mudas de Carola com SCV e com SCS, como a quantidade de mudas aceita no final foi maior na produção com SCV, o consumo de cálcio ajustado a uma muda aceita foi menor (59 mg) para o SCV do que para o SCS (62 mg), levando a um maior desempenho para o SCV. Como não ocorreu o consumo de micronutrientes, o indicador “quantidade de micronutriente” alcançou desempenho máximo em ambos as tecnologias. O critério “**consumo de fertilizantes**” obteve desempenho 100 na produção com SCV e de 97,88, na produção com SCS.

O consumo de agrotóxico ocorreu pelo uso do fungicida biológico que era da classe IV, menos tóxica. A quantidade de agrotóxico utilizada para uma muda aceita foi menor na produção com SCV (94 mg) do que na produção com SCS (99 mg), caracterizando um desempenho do critério “**consumo de agrotóxico**” superior para o SCV (100) em relação ao SCS (95,75).

A durabilidade do produto foi avaliada pela sua vida útil. Considerou-se que a vida útil na produção de mudas foi igual (40 dias) para os dois substratos, pois nesse tempo necessário à produção não foi observada degradação em nenhum dos substratos. Análises de

uma amostra de mudas de Carola realizadas no final do cultivo, no Laboratório de fitopatologia da EMBRAPA Agroindústria Tropical, detectaram a presença do fungo “*Botrytis Cinerea*” em mudas de SCV e do fungo “*Cladosporium sp.*” em mudas de SCS. A presença desses fungos contribuiu para o reduzido desenvolvimento das mudas descartadas. Assim como o indicador “vida útil”, o critério “durabilidade do produto” apresentou um desempenho máximo para ambos os substratos.

Como ambos os substrato não eram **organismos geneticamente modificados**, apresentaram risco ambiental mínimo e receberam desempenho máximo.

A **geração de resíduo sólido** esteve relacionada às mudas descartadas, por não atenderem aos critérios de qualidade estabelecidos, às embalagens vazias de fertilizantes e às de agrotóxicos (consideradas perigosas pela legislação ambiental). A quantidade de resíduo gerado na produção de uma muda com SCV foi de 10 g e na com SCS, de 13 g, resultando em um maior desempenho do SCV no indicador “quantidade total de resíduos”. A quantidade de resíduo perigoso foi inferior na produção com SCV (0,014 g) do que na produção com SCS (0,015 g). Tanto as embalagens vazias de agrotóxico como as mudas descartadas são materiais recicláveis, o que acarretou uma pontuação máxima no indicador “quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável” para ambas as tecnologias. A agregação dos indicadores gerou um desempenho ambiental de 100 para o SCV e de 90,83 para o SCS no critério “geração de resíduos sólidos”.

Embora a área reservada à produção de mudas tenha sido desmatada, ela foi recoberta na estufa e não esteve sujeita ao uso de equipamentos agrícolas mecanizados. Assim, o critério “**erosão e compactação**” obteve desempenho ambiental máximo em ambas as tecnologias.

Como não ocorreu irrigação, queima de resíduos ou área agrícola na produção, o desempenho dos critérios “**qualidade da água de irrigação**”, “**queima de resíduos**” e “**irrigação por inundação**” foi máximo para os dois substratos.

Analisando a CE e a carga poluente do efluente da lavagem inicial dos substratos referente à DBO, DQO, SST, OG, FT, NT, foi observado que a CE do SCV foi superior à do SCS, mas a maioria das cargas geradas (cargas de DBO, DQO, SST, FT e NT) foi inferior para o SCV. Nenhum dos cultivos reutilizou o efluente da lavagem, mas, como o volume descartado na lavagem do SCV (0,64 L) foi superior ao descartado na lavagem do SCS (0,42 L), o SCV obteve desempenho inferior no indicador “volume do efluente não utilizado”. A agregação desses indicadores resultou num desempenho inferior no critério “geração de efluentes” para o SCV (82,38), em relação ao SCS (62,13).

4.5.8.2 Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas da variedade Carola

O levantamento dos dados referentes à produção de rosas da variedade Carola considerou os materiais e resíduos gerados no desenvolvimento de 48 roseiras cultivadas em SCV e de 48 roseiras, em SCS. Entretanto, ao final de 200 dias de cultivo, foram colhidas 48 rosas Carola comercializáveis, em roseiras plantadas em SCV, e 78 rosas Carola comercializáveis, em SCS. Assim, o levantamento dos dados foi realizado considerando essa produção de rosas, sendo os valores dos indicadores ajustados nas planilhas Excel para atender a unidade funcional estabelecida que foi a produção de uma rosa Carola.

Foi observado que nenhum critério apresentou desempenho superior na produção de rosas com SCV (Figura 89), o mesmo ocorrendo com os princípios de desempenho ambiental (Figura 90). O **índice final dessa etapa** revelou um menor desempenho (74,80) para a produção de rosas Carola com o SCV, quando comparada com a produção com SCS (96,49) (Figura 91).

Esse resultado deveu-se ao fato do menor rendimento na produção de rosas Carola com o SCV não ter sido compensado por menores consumos de materiais e insumos e menor geração de resíduos, como será observado a seguir na descrição dos resultados por indicador e critério. No Apêndice L se encontram os quadros e gráficos gerados nas planilhas Excel do modelo, utilizados para entrada dos dados e geração dos resultados de desempenho ambiental para essa etapa da avaliação.

Os materiais utilizados na produção de rosas foram as mudas e o substrato, que não são perigosos, mas renováveis e provenientes de roseiras e de resíduos de coco. A “quantidade total de materiais” utilizada por rosa Carola comercializável produzida foi de 2,41 kg no cultivo em SCV e de 1,60 kg no cultivo em SCS, resultando num menor desempenho do SCV nesse indicador. Os indicadores “quantidade de material perigoso”, “quantidade de material não renovável” e “quantidade de material não reciclado ou reutilizado” receberam desempenho máximo em ambas as tecnologias. Assim, o desempenho do critério “**consumo de materiais**”, obtido com a agregação do desempenho dos mencionados indicadores ambientais, foi inferior no cultivo em SCV (91,60), comparado ao SCS (100).

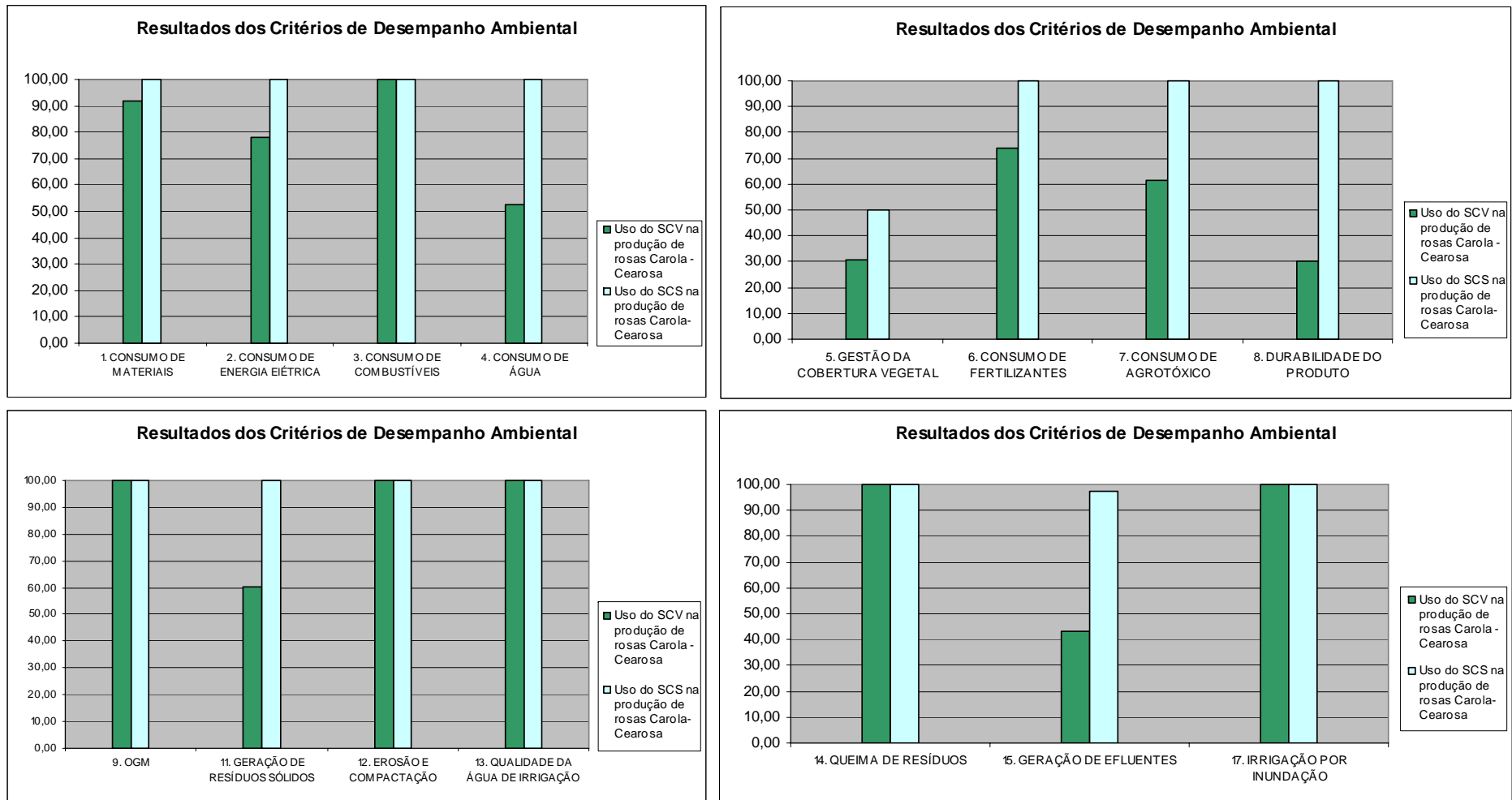


FIGURA 89– Resultados dos critérios de desempenho ambiental na Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho do SCV e do SCS

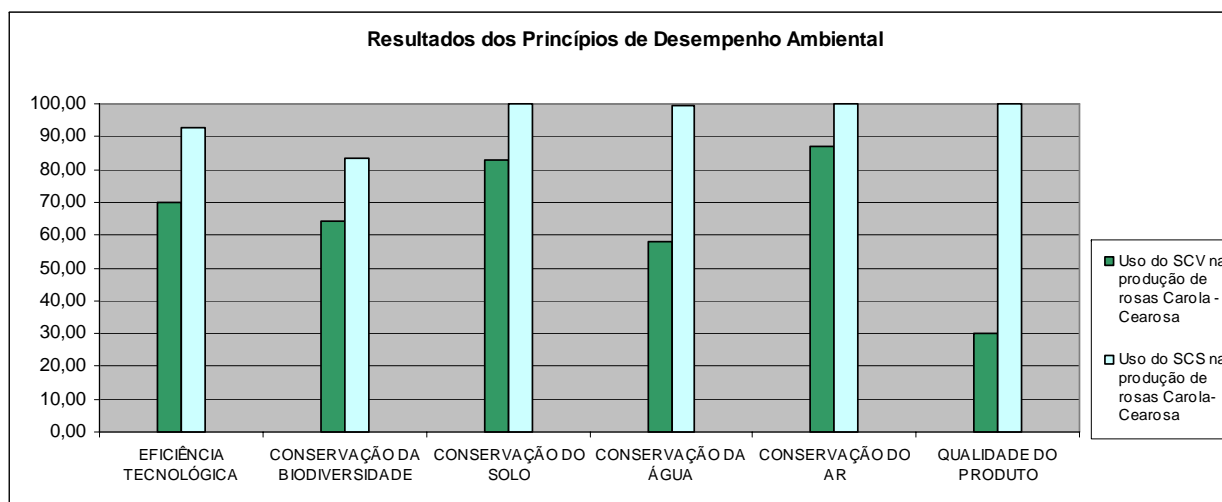


FIGURA 90– Resultados dos princípios de desempenho ambiental na Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho dos SCV e SCS

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola - Cearosa
74,80	96,49

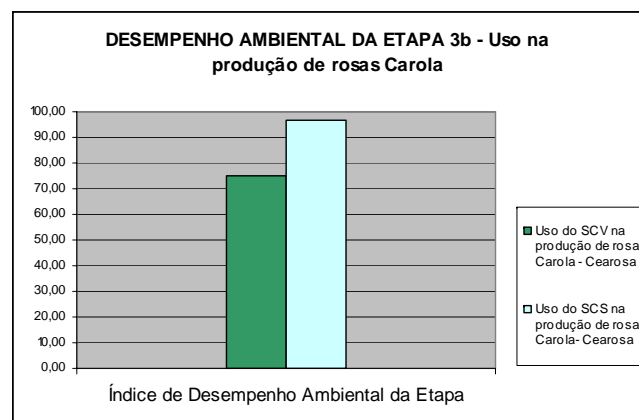


FIGURA 91– Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 3b – uso do substrato na produção de rosas Carola, da avaliação de desempenho dos SCV e SCS

O **consumo de energia elétrica** esteve associado ao bombeamento da água de irrigação. Embora durante o cultivo, o SCV requereu uma menor quantidade de água, e, portanto, de fertilizantes (fertirrigação) e energia, para manter a drenagem em 35% do volume irrigado, como a produção de rosas Carola com SCV foi inferior à com SCS, ocorreu um maior consumo por rosa produzida com SCV (0,40 kWh) do que na produção com SCS (0,31 kWh). Assim, o desempenho do critério “consumo de energia” foi de 78,03 no cultivo em SCV e de 100, em SCS.

Não ocorreu o consumo de combustíveis no cultivo de rosas, seja com SCV ou com SCS, levando a um desempenho máximo (100) para os dois substratos no critério “**consumo de combustíveis**”.

Foi consumida água na produção de rosas para lavagem inicial dos substratos, visando reduzir sua condutividade até obter-se uma CE de 0,3 dS/m no efluente da lavagem, para lavagem dos substratos sempre que a condutividade da drenagem atingiu 1,8 dS/m e para irrigação diária das roseiras. A Tabela 21 mostra que o consumo de água de lavagem foi superior na produção de Carola em SCV, devido esse substrato ter apresentado CE superior no início de cultivo, enquanto a quantidade de água utilizada na irrigação foi inferior, como já comentado. Adicionando-se esses volumes, observou-se que o consumo total de água por rosa Carola produzida em SCV foi de 94,12 L e em SCS, de 49,30 L. Nenhuma fração da água consumida foi proveniente de reúso, o que implicou num menor desempenho para o indicador “volume de água não reciclada” para o SCV. O desempenho ambiental do critério “**consumo de água**” na produção de rosas em SCV (52,38) foi inferior à produção em SCS (100,00).

TABELA 21 – Volume de água utilizado por atividade na produção de rosas

Atividades que consumiram água	Consumo do SCV, com produção de 48 rosas Carola	Consumo do SCS, com produção de 78 rosas Carola
Lavagem inicial dos substratos, para 16 vasos (L):	595,00	62,00
Lavagens dos substratos ao longo do cultivo, para 16 vasos (L):	2.045,05	1.390,40
Irrigação nos 16 vasos, em 200 dias (L)	1.877,90	2.392,80
Consumo total de água (L):	4.517,95	3.845,20
Consumo total de água por rosa (L/rosa)	94,12	49,30

A área desmatada por rosa Carola produzida foi de 0,13 m² com SCV e de 0,08 m² com SCS. Nenhuma área foi recuperada com o uso de ambos os substratos, levando a um desempenho mínimo em ambas as tecnologias no critério “área recuperada”. A agregação do

desempenho dos indicadores no critério “**gestão da cobertura florestal**” resultou em um desempenho menor na produção em SCV (30,77) do que na produção em SCS (50,00).

O **consumo de fertilizante** ocorreu pela aplicação de solução nutritiva contendo macro e micronutrientes na água de irrigação e pela adubação foliar. As quantidades de macro e micronutrientes utilizadas por rosa Carola produzida foram de 21,78 g e 0,11 g na produção de rosas em SCV e de 17,06 g e 0,08 g na produção em SCS, respectivamente, conferindo um menor desempenho ao SCV nos indicadores “quantidade de macronutrientes” e “quantidade de micronutrientes” e, conseqüentemente, no critério “consumo de fertilizantes”.

A quantidade de agrotóxicos foi superior no cultivo de uma rosa Carola em SCV, resultando num menor desempenho ambiental desse substrato (61,54) no critério “**consumo de agrotóxicos**”, em relação ao SCS (100,00). Foi observado que a maior quantidade de agrotóxico foi de classes III (78%) e IV (13%), menos tóxicas.

Foi observado que, após 60 dias de cultivo, o SCV começou a apresentar mau cheiro (ovo podre), indicando a ocorrência de decomposição anaeróbica, o que não ocorreu com o SCS. Assim, considerou-se que a vida útil do SCV foi de 60 dias e a do SCS de 200 dias na produção de rosas Carola. Essa instabilidade do SCV reduziu a oferta de oxigênio disponível às raízes das roseiras, contribuindo para um menor rendimento desse substrato. O desempenho inferior do SCV no indicador “vida útil” levou a um menor desempenho do critério “durabilidade do produto” para o SCV (30,00), quando comparado ao SCS (100,00).

É importante ressaltar que a menor durabilidade do SCV foi decisiva no seu menor rendimento e que esse fator precisa ser corrigido, para que esse substrato tenha um melhor desempenho em produções de ciclo mais longo que 60 dias, como é o caso das rosas. Para tanto, deverá ser melhorado o processo de maturação do substrato realizado na etapa anterior de produção. O processo utilizado de revolvimento do pó durante um período de 60 dias, embora tenha resultado em aumento e redução da temperatura do material nesse período, indicando um processo de compostagem, resultou em um material com alta relação carbono nitrogênio (C/N de 93,5). De acordo com Marínez (2002), relações de C/N maiores que 20 indicam material com pouca estabilidade e que irá sofrer transformação ao longo do cultivo.

Como nem o SCV e nem o SCS são organismos geneticamente modificados (OGM), o critério “**OGM**” obteve desempenho máximo (100) em ambas as tecnologias.

Os resíduos sólidos gerados foram relativos às embalagens vazias de agroquímicos utilizados ao longo do cultivo de Carola e às hastes classificadas como refugo e descartadas. A quantidade total de resíduos por rosa Carola produzida com SCV (0,02 kg) foi superior à da produção com SCS (0,003 kg), levando a um menor desempenho do SCV no

indicador “quantidade total de resíduo”. A quantidade de resíduo perigoso, proveniente das embalagens vazias de agrotóxicos, também foi maior na produção com SCV (0,05 g) do que na com SCS (0,03 g), levando a um menor desempenho do indicador “quantidade de resíduo perigoso” na produção com SCV. Como todas as embalagens vazias eram de material reciclável e as hastes refugadas compostáveis, o indicador “quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável” alcançou desempenho máximo no cultivo com os dois substrato. O desempenho do critério “**geração de resíduos sólidos**”, formado pela agregação do desempenho dos seus indicadores, foi inferior para o cultivo com SCV (60,44), em relação ao SCS (100,00).

Como a produção de rosas Carola ocorreu em estufas, a área de produção não esteve sujeita a erosão nem ao uso de equipamentos mecanizados que levassem a compactação do solo. Assim, o critério “**erosão e compactação**” obteve desempenho máximo no cultivo com ambos os substratos.

A **qualidade da água de irrigação** foi avaliada no tanque de distribuição da solução nutritiva utilizada na fertirrigação. A CE dessa solução, utilizada no cultivo de Carola com SCV e com SCS, foi de 1,53 dS/m, considerada de risco moderado à salinização do solo, de acordo com Ayers e Westcot (1991). É importante ressaltar que essa alta salinidade da solução nutritiva resultou em necessidades constantes de lavagem dos substratos para redução de sua CE, elevando o consumo de água e geração de efluentes ao longo do cultivo. A razão de adsorção de sódio (RAS) da solução foi de 0,17, que, quando avaliada em conjunto com a CE, denotou um risco mínimo de sodicidade, de acordo com Ayers e Westcot (1991). Como os valores de salinidade e sodicidade foram os mesmos para os substratos em estudo, o critério “qualidade da água de irrigação” recebeu pontuação máxima na avaliação de desempenho.

Nos cultivo de rosa Carola não foi praticado queima de área agrícola ou de resíduos da produção, resultando num desempenho máximo para o critério “**queima de resíduos**” para ambas as tecnologias em estudo.

Os **efluentes** gerados na produção de rosas estiveram relacionados à lavagem dos substratos no início da produção e ao longo da mesma, para redução da CE dos substratos, e à drenagem da irrigação. Foram coletadas amostras de efluentes para análise dos parâmetros em estudo, da lavagem inicial e da drenagem da irrigação, não tendo sido possível analisar o efluente da lavagem dos substratos ao longo do cultivo. Na lavagem inicial, o efluente do SCS apresentou concentrações superiores em quase todos os parâmetros (Tabela 22). Durante a irrigação de ambos os substratos, as concentrações de DQO diminuiram ao longo do tempo,

enquanto os demais parâmetros variaram pouco, com exceção de OG que apresentou grande aumento quando da aplicação de agrotóxicos em conjunto com espalhantes que continham agente surfactante. Mas quando se avaliou o valor médio desses parâmetros considerando todo o cultivo, foi observado que o efluente da drenagem da irrigação do SCV apresentou concentrações superiores em todos os parâmetros (Tabela 23). A degradação e solubilização do SCV ao longo do cultivo contribuíram para esses resultados. Avaliando-se o volume de efluente e a carga gerada por rosa Carola comercializada, percebe-se que o cultivo em SCV gerou um maior volume de efluente (25,73 L) que o SCS (10,56 L), que não foi reutilizado, assim como uma maior carga poluidora. Assim, com exceção do indicador CE, os indicadores relativos às cargas totais de DQO, DBO, SST, NT, FT e OG do cultivo com SCV obtiveram desempenho ambiental inferior ao cultivo com SCS, o mesmo ocorrendo com o critério **“geração de efluentes”**.

Como o sistema de irrigação utilizado na produção de rosas Carola foi gotejamento e não inundação, ambos os substratos receberam pontuação máxima na avaliação de desempenho do critério **“irrigação por inundação”**.

TABELA 22 – Efluente da lavagem inicial dos substratos, Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas Carola

Parâmetros	Concentração do efluente do SCV	Concentração do efluente do SCS
CE (dS/m)	0,361	0,253
O e G (mg/L)	18,4	52,6
SST (mg/L)	79	344
NTK (mg/L)	1,669	8,645
DQO (mg/L)	262	1063
DBO (mg/L)	154	549
Fósforo Total (mg/L)	6,84	2,38

TABELA 23 – Efluente da drenagem da irrigação, Etapa 3b – Uso do substrato na produção de rosas Carola

Parâmetros	SCV								SCS							
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Média	Desvio padrão	CV (%)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Média	Desvio padrão	CV (%)
CE (mS/cm)	0,618	1,002	0,455	0,228	1,044	0,67	0,35	53%	1,069	1,483	0,384	0,177	1,13	0,85	0,55	64%
O e G (mg/L)	9,6	528,9	5,5	28,4	13,8	117,24	230,29	196%	30,2	315,49	110,1	1,5	12,3	93,92	130,98	139%
SST (mg/L)	76	87	14	61	8	49,20	36,13	73%	17	16	19	32	8	18,40	8,68	47%
NTK (mg/L)	14,7	8,35	5,305	5,149	4,274	7,56	4,28	57%	9,64	2,31	6,688	2,96	0,772	4,47	3,61	81%
DQO (mg/L)	842	628,9	187	152	100,32	382,04	332,73	87%	661	520,7	225,27	75	59	308,19	270,64	88%
Fósforo Total (mg/L)	1,06	1,03	1,4	1,63	1,33	1,29	0,25	19%	0,21	1,67	1,16	0,55	0,867	0,89	0,56	63%

4.5.9 Desempenho ambiental da Etapa 4 – Descarte final dos substratos utilizados no cultivo de Carola

Ao final do cultivo de rosas Carola, os substratos e as roseiras foram descartados, simulando o que ocorre quando as roseiras reduzem a produção de rosas e são descartadas. Os dados levantados foram referentes ao SCV encaminhado para compostagem, após a produção de 48 rosas da variedade Carola, e ao SCS, após a produção de 78 rosas da mesma variedade. Esses dados foram ajustados ao descarte dos substratos referentes a uma rosa. Como a compostagem do SCV ocorreu no mesmo local da do SCS (empresa Cearosa, localizada na bacia do Parnaíba), o índice de vulnerabilidade da bacia foi o mesmo para ambas as tecnologias, não interferindo na avaliação de desempenho ambiental dessa etapa.

Foram utilizados 25 indicadores referentes à atividade de descarte de resíduos (Figura 92), com os pesos distribuídos igualmente entre os indicadores, na formação dos critérios. Os pesos dos critérios na formação dos princípios também foram equitativamente distribuídos.

Observou-se que o SCV teve um desempenho igual ou inferior ao SCS na avaliação dos critérios e princípios (Figura 93 e 94). O **índice final dessa etapa** alcançou um desempenho de 91,19 para o SCV e de 94,44 para o SCS (Figura 95).

A seguir, apresenta-se a descrição dos resultados por indicador e critério. No Apêndice M se encontram os quadros e gráficos gerados nas planilhas Excel do modelo, utilizados para entrada dos dados e geração dos resultados de desempenho ambiental para essa etapa da avaliação.

O processo de compostagem utilizado requereu diferentes quantidades de materiais e de área, implicando em desempenhos diferenciados dos substratos nos critérios “consumo de materiais” e “gestão dos recursos florestais”. Como não ocorreu consumo de água, energia, combustíveis, não foram gerados resíduos sólidos, efluentes líquidos ou realizadas queimas de materiais e nem aterramento de matéria orgânica, os demais critérios em estudo receberam desempenho máximo na avaliação dos dois substratos.

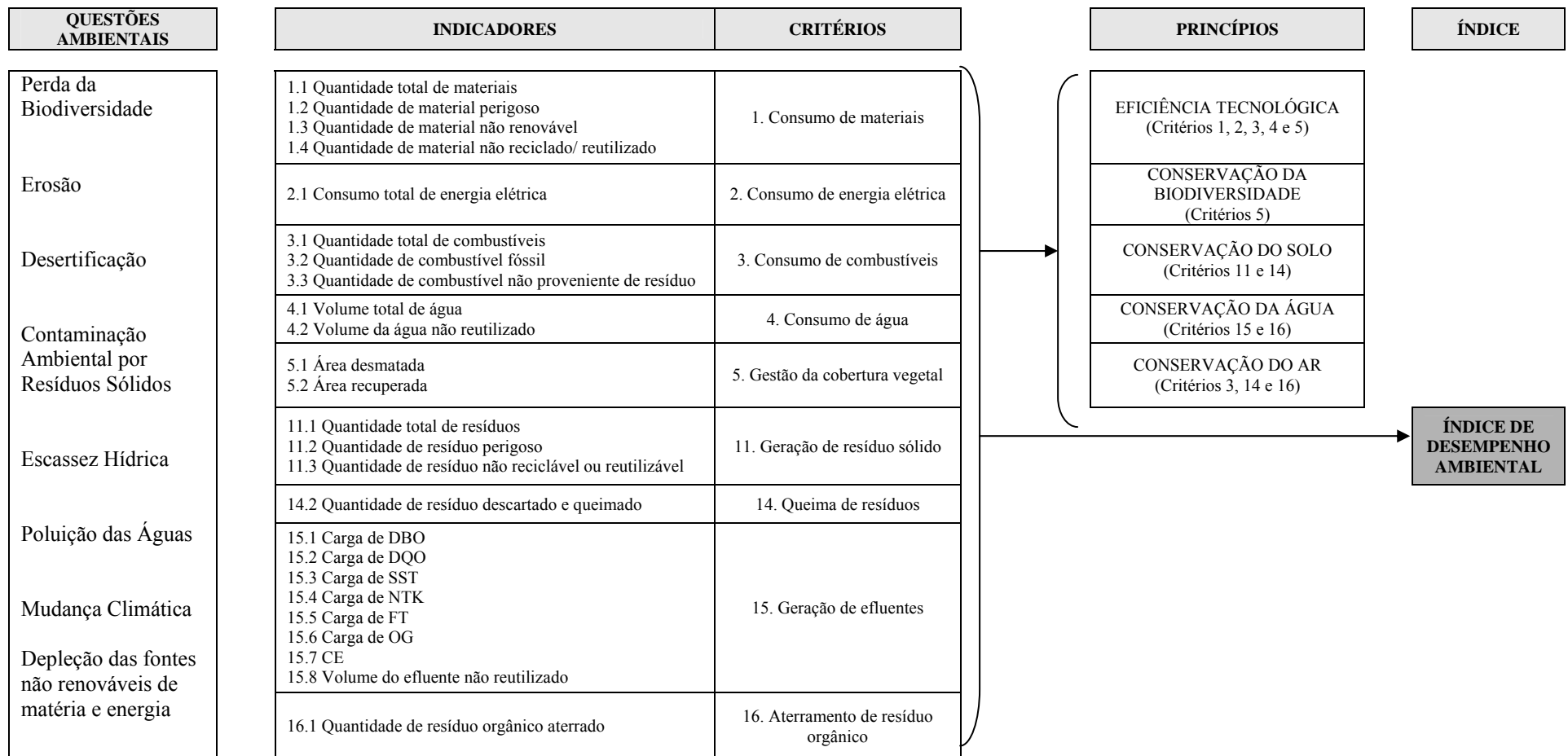


FIGURA 92 – Conjunto de indicadores, critérios e princípios de desempenho ambiental utilizados na Etapa 4 – Descarte dos SCV e SCS utilizados na produção de Carola

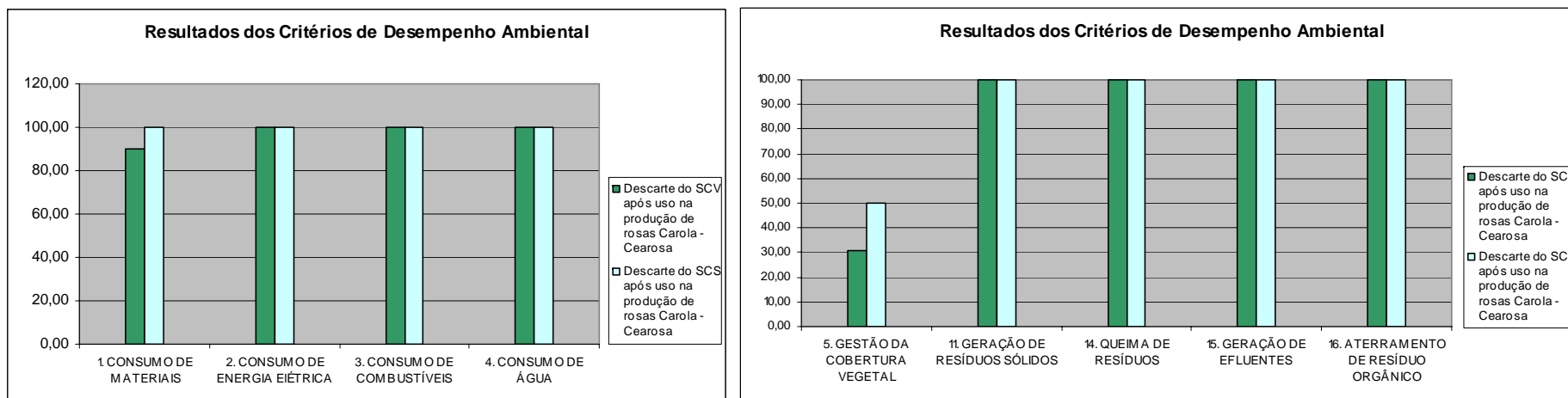


FIGURA 93 – Resultados dos critérios de desempenho ambiental na Etapa 4 – Descarte final dos substratos após produção de rosas Carola

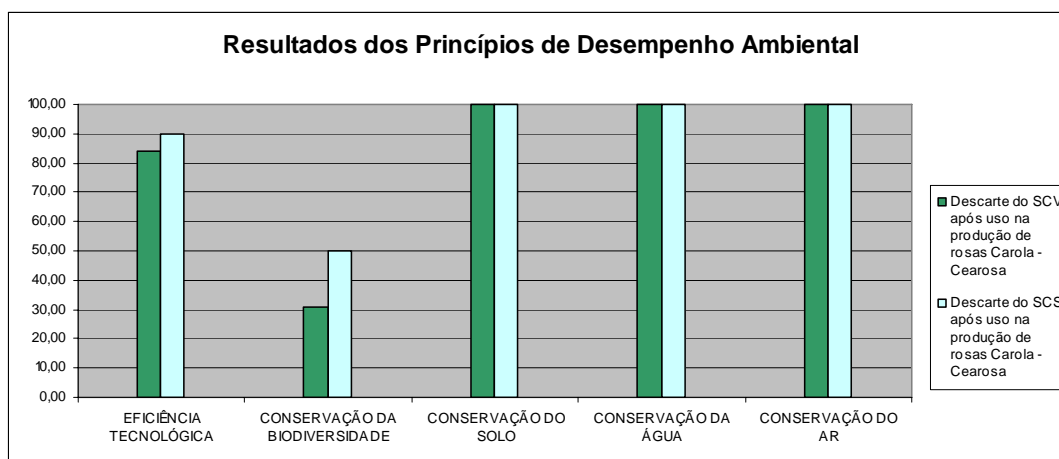


FIGURA 94 – Resultados dos princípios de desempenho ambiental na Etapa 4 – Descarte final dos substratos após produção de rosas Carola

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
91,19	94,44

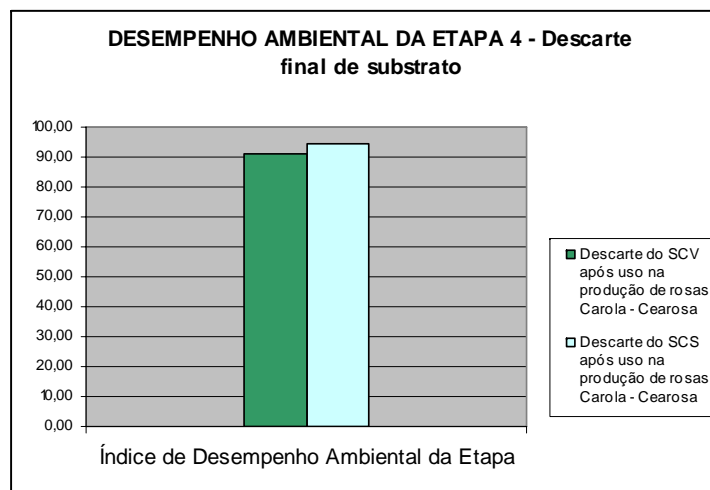


FIGURA 95 – Índice de Desempenho Ambiental da Etapa 4 – Descarte final de substratos após cultivo de rosas Carola

O consumo de materiais nessa etapa de descarte do substrato se referiu à massa de substrato e raízes que foi encaminhada à compostagem após o descarte das roseiras. Ao final do cultivo, a análise da densidade úmida de amostras do material descartado mostrou que o SCV utilizado no cultivo de Carola se apresentou mais denso (700 kg/m^3) do que o SCS (em média, $577,9 \text{ kg/m}^3$) e que ambos apresentaram densidade maior que a do início do cultivo. Entretanto, o volume ocupado pelo SCV nos vasos era, em média, 73% do volume inicial, enquanto o volume ocupado pelo SCS era, em média, 86% do inicial. O aumento da densidade dos substratos se deveu principalmente à ocorrência de irrigação até o final do cultivo, aumentando a massa úmida dos substratos, e a existência de raízes das roseiras em meio ao substrato descartado. Já a redução do volume ocupado pelos substratos esteve relacionada à ocorrência de lavagens ao longo do cultivo com jatos de água que pressionaram as partículas dos substratos umas sobre as outras, reduzindo os espaços vazios entre elas, e, principalmente no caso do SCV, a decomposição observada ao longo do cultivo, que solubilizou parte do material. Avaliou-se que a massa encaminhada à compostagem por rosa aceita foi de 3,41 kg de SCV e de 2,04 kg de SCS. Assim, o indicador “quantidade total de material” obteve um desempenho inferior para o descarte de SCV. Como esse material não era perigoso, mas renovável e reciclado, os indicadores “quantidade de material perigoso”, “quantidade de material não renovável” e “quantidade de material não reciclado ou reutilizado” receberam desempenho máximo em ambas as tecnologias. O desempenho do critério “**consumo de materiais**”, obtido com a agregação do desempenho desses indicadores ambientais, foi de 89,96 no cultivo em SCV e de 100 no cultivo em SCS.

A **gestão da cobertura florestal** esteve relacionada à limpeza da área reservada à compostagem. Para realização da compostagem do SCV utilizado na produção de uma rosa Carola, utilizou-se uma área de $0,021 \text{ m}^2$ e para o SCS, uma área de $0,013 \text{ m}^2$, implicando num menor desempenho para o SCV no indicador “Área desmatada”. Como não ocorreu recuperação de área degradada nessa etapa da avaliação, ambos os substratos receberam pontuação mínima no indicador “Área recuperada”. No critério “Gestão da cobertura florestal”, o SCV alcançou desempenho de 30,77 e o SCS, de 50,00.

É importante registrar que foram encontradas diversas classes de insetos (Figura 96) no SCV no final do cultivo, reforçando a ocorrência de intensa atividade microbiológica nesse substrato e a necessidade de maior controle fitossanitário na etapa de produção.



FIGURA 96 – Amostra de insetos encontrados no SCV ao final do cultivo

4.5.10 Desempenho Ambiental Final dos substratos na produção de rosas Carola

Na avaliação final do SCV em comparação ao SCS, considerando todas as etapas do ciclo de vida dessas tecnologias, foram utilizados 37 indicadores referentes às atividades agrícolas, agroindustriais e de descarte de resíduos analisadas nesse estudo (Figura 97), com os pesos distribuídos igualmente entre os indicadores, na formação dos critérios. Os pesos dos critérios na formação dos princípios também foram equitativamente distribuídos. Os valores apresentados de cada indicador foram ajustados à produção de uma rosa Carola comercializável, em alguns casos ponderados pelos índices de vulnerabilidades ambiental das bacias e finalmente agregados considerando os resultados obtidos em cada etapa do ciclo de vida do SCV e do SCS.

Foi observado que o SCV apresentou desempenho superior ao SCS nos critérios “consumo de materiais”, “gestão da cobertura vegetal” e “aterramento de resíduos orgânicos”. Por outro lado, o SCV precisa melhorar seu desempenho, principalmente, com relação aos critérios “consumo de energia elétrica”, “consumo de água”, “consumo de fertilizante”, “consumo de agrotóxico”, “durabilidade do produto”, “geração de resíduo sólido” e “geração de efluente” (Figura 98). Analisando-se os princípios de desempenho ambiental, constatou-se que o SCV pontuou melhor que o SCS em “conservação do ar” (Figura 99). O Índice Final de Desempenho Ambiental revelou um menor desempenho (80,29) do SCV em relação ao SCS (89,06) (Figura 100). As etapas que mais contribuíram para o menor desempenho do SCV

foram a de produção de substrato e de uso do substrato na produção de rosas Carola (Figura 101).

A seguir, apresenta-se a descrição dos resultados por indicador e critério. No Apêndice N se encontram os quadros e gráficos gerados nas planilhas Excel do modelo, utilizados na avaliação final de desempenho ambiental.

A quantidade total de materiais por rosa Carola comercializada, considerando todas as etapas, foi de 20,77 kg para o SCV e de 18,59 kg para o SCS, sendo todo o material não perigoso e renovável. A etapa que mais consumiu materiais na análise do SCV foi a segunda, relativa ao consumo de cascas na produção de substrato, e na análise do SCS foi a primeira, referente ao descarte de cascas de coco verde. Todo o material consumido nas etapas do ciclo de vida do SCV foi oriundo de material reciclável ou foi reciclado nas atividades de descarte, o que não ocorreu com o SCS que, ao ser consumido, levou ao descarte em aterro de 11,26 kg de cascas de coco verde. Esses resultados acarretaram um menor desempenho do SCV, em relação ao SCS, no indicador “quantidade total de materiais”, igual nos indicadores “quantidade de material perigoso” e “quantidade de material não renovável”, e maior no indicador “quantidade de material não reciclado ou reutilizado”. Agregando-se os desempenhos dos indicadores no critério “**consumo de materiais**”, observou-se que o SCV pontuou 97,38 e o SCS, 75,00.

A quantidade total de energia elétrica foi de 0,71 kWh para o SCV e 0,53 kWh para o SCS, levando a um desempenho ambiental de 73,89 para o SCV e de 100 para o SCS no critério “**consumo de energia elétrica**”. A etapa que mais consumiu energia na análise dos dois substratos foi a terceira, relativa à irrigação de rosas.

O consumo total de combustível para os dois substratos foi igual ao da primeira etapa (descarte de cascas de coco verde e de coco seco), única onde se utilizou combustível que era fóssil e não proveniente de resíduos. O total consumido para produção de uma rosa Carola, foi de 0,0033 L para o SCV, praticamente igual ao da produção com SCS (0,0032 L), levando a um desempenho ambiental de 95,93 para o SCV e de 100 para o SCS, no critério “**consumo de combustíveis**”.

A quantidade total de água foi de 171,34 L para o SCV e 89,94 L para o SCS, não tendo sido utilizada água proveniente de reúso em nenhuma das etapas, o que levou a um desempenho ambiental inferior para o SCV (52,49), em relação ao SCS (100,00) no critério “**consumo de água**”. A etapa que mais consumiu água na análise do SCV e do SCS foi a terceira, relativa às águas de lavagem e de irrigação utilizadas na produção de rosas.

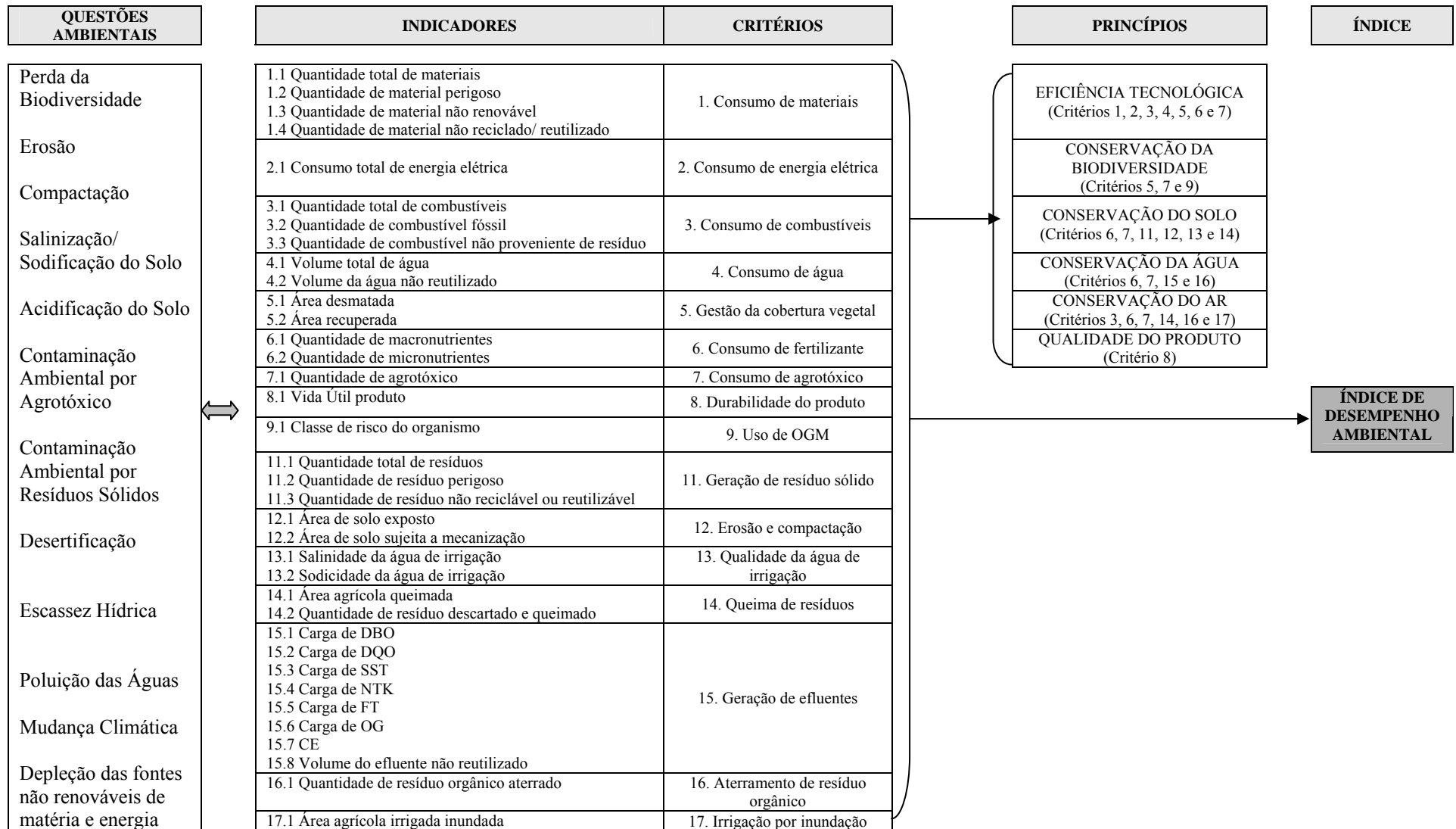


FIGURA 97 – Conjunto de indicadores, critérios e princípios utilizados na avaliação final de desempenho ambiental dos SCV e SCS utilizados na produção de Carola, considerando todas as etapas do ciclo de vida

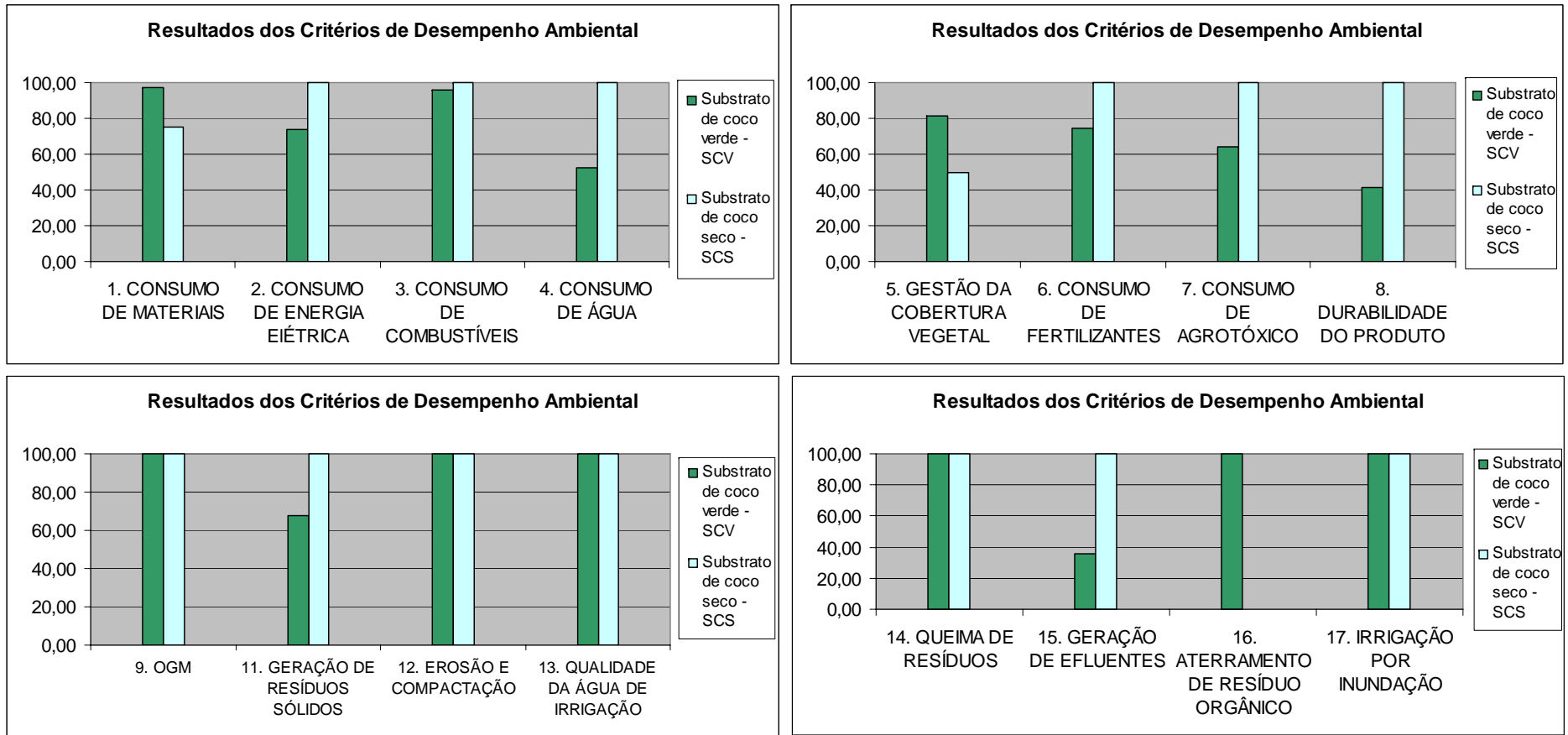


FIGURA 98 – Desempenho ambiental dos critérios na avaliação final dos SCV e SCS, considerando a produção de rosas Carola

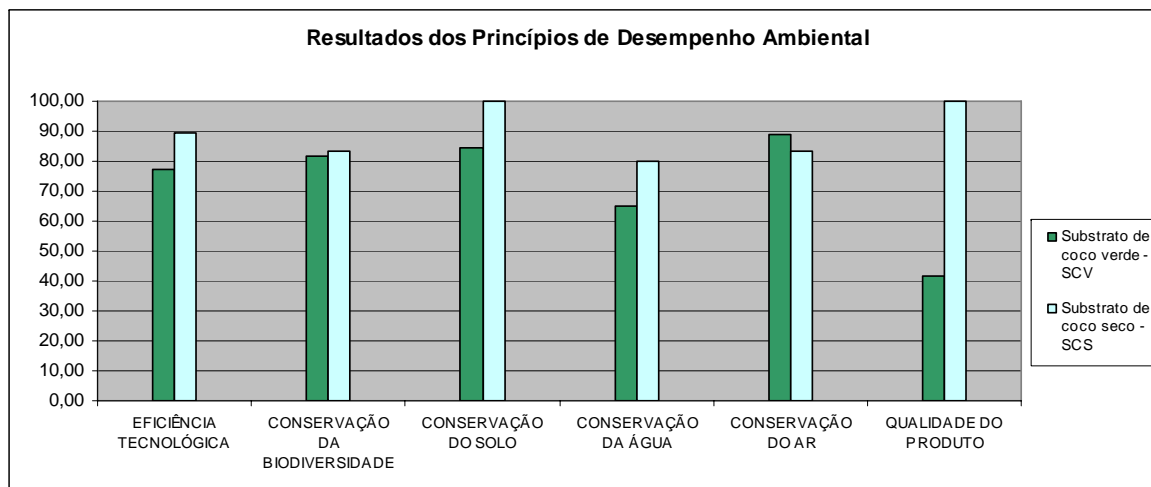


FIGURA 99 – Desempenho ambiental dos princípios na avaliação final dos SCV e SCS, considerando a produção de rosas Carola

Índice de Desempenho Ambiental Final	
Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
80,29	89,06

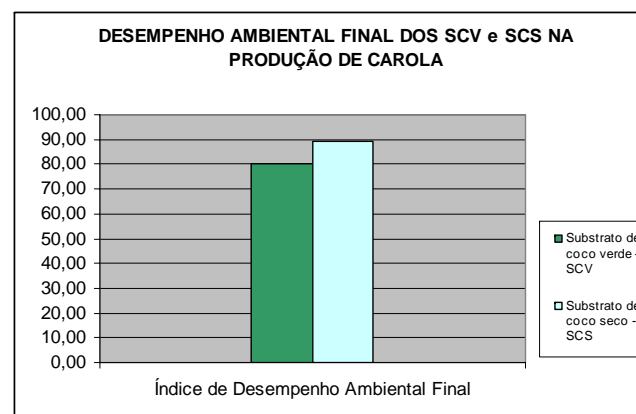


FIGURA 100 – Índice de Desempenho ambiental Final dos SCV e SCS, considerando a produção de rosas Carola

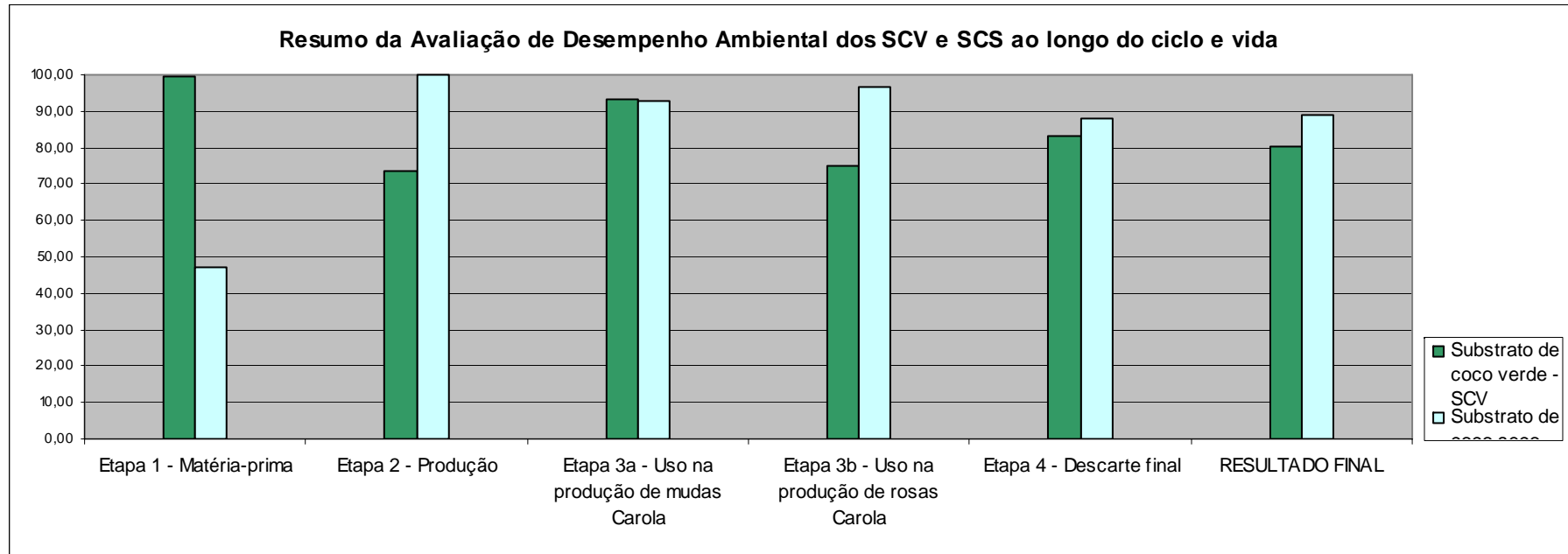


FIGURA 101 – Resumo dos índices de desempenho de cada etapa e final

A gestão da cobertura florestal foi considerada nas etapas 1, 3 e 4, relacionadas às atividades agropecuárias e de descarte de resíduos. O total de área desmatada nessas etapas foi de 0,25 m² para o SCV e de 0,16 m² para o SCS, acarretando um menor desempenho para o SCV no indicador “área desmatada”. A etapa que mais contribuiu para o desmatamento foi a terceira, referente à área necessária ao cultivo de rosas. Ocorreu recuperação de área pelo SCV (0,85 m²), quando foi realizada a incorporação de cascas de coco seco na primeira etapa da avaliação, levando a um maior desempenho desse substrato no indicador “área recuperada”. O desempenho do SCV no critério “**gestão da cobertura vegetal**” (81,63) foi superior ao do SCS (50,00) na avaliação final.

O consumo total de macronutrientes e micronutrientes do SCV foi de 33,84 g e 0,18 g, enquanto o do SCS foi de 26,54 g e 0,12 g, respectivamente. A etapa que mais demandou o uso de fertilizantes em ambos os substratos foi a de produção de rosas. O maior consumo de fertilizantes pelo SCV levou a seu menor desempenho ambiental (74,17), em relação ao SCS (100,00), no critério “**consumo de fertilizantes**”.

O SCV consumiu um total de 0,03 g de agrotóxicos da Classe I, 0,08 g da Classe II, 0,93 g da Classe III e 0,31 g da Classe IV, valores superiores ao consumido pelo SCS (0,02 g da Classe I, 0,05 g da Classe II, 0,57 g da Classe III e 0,25 g da Classe IV). A etapa que mais demandou o uso de agrotóxicos foi a terceira, referente ao uso do substrato na produção de rosas. O maior consumo de agrotóxicos pelo SCV levou a seu menor desempenho ambiental (64,04), comparado ao SCS (100,00), no critério “**consumo de agrotóxicos**”.

A durabilidade dos substratos foi avaliada nas subetapas da etapa de uso do produto, referente ao uso na produção de mudas e na produção de rosas. O indicador “vida útil” do SCV assumiu valor adequado na produção de mudas, mas insuficiente na produção de rosas, obtendo um desempenho final inferior ao do SCS. Como consequência, o critério “**durabilidade do produto**” resultou num desempenho inferior para o SCV (41,67), comparado ao SCS (100,00).

A etapa de uso da tecnologia, única com fins agrícolas, não utilizou organismo geneticamente modificado, não conduziu a processos erosivos ou de compactação do solo, nem utilizou irrigação por inundação devido ao uso dos substratos, repercutindo num desempenho final máximo para ambos os substratos nos critérios “**OGM**”, “**erosão e compactação**” e “**irrigação por inundação**”. Embora a água de irrigação utilizada oferecesse baixo risco de sodicidade, mas risco moderado de salinização do solo, como foi utilizada

pelos dois substratos e a análise foi comparativa, repercutiu em máximo desempenho ambiental para os dois substratos no critério “**qualidade da água de irrigação**”.

Em nenhuma das etapas do ciclo de vida analisadas os substratos em estudo acarretaram a queima de resíduos ou de áreas agrícolas, resultando em um máximo desempenho final do SCV e do SCS no critério “**queima de resíduos**”.

A quantidade de resíduos sólidos gerada pelo SCV, considerando todas as etapas, foi de 1,45 kg, com 0,11 g de resíduo perigoso, enquanto a quantidade gerada pelo SCS foi de 0,48 kg, com 0,08 g de resíduo perigoso. Esses resíduos eram recicláveis. A etapa que mais gerou resíduos para ambas as tecnologias foi a segunda, referente às sobras de pó e fibra da produção de substrato, mas a maior geração de resíduos perigosos ocorreu na etapa de uso dos substratos na produção de rosas. Esse resultado final levou a um menor desempenho ambiental para o SCV (67,97), em relação ao SCS (100), no critério “**geração de resíduos sólidos**”.

O SCV resultou na geração de maiores cargas de DBO, DQO, SST, NT, FT e OG e de maior CE que o SCS, considerando todas as etapas do ciclo de vida. A segunda etapa analisada, referente à produção dos substratos, foi responsável pela liberação das maiores cargas poluentes, tanto na unidade produtiva de SCV como na de SCS. Dentre os tipos de efluentes do SCV, o mais poluente foi o LCCV, extraído da casca de coco verde para redução da CE do substrato. Os efluentes gerados por ambos os substratos não foram reutilizados por outros processos nas etapas analisadas, tendo sido descartado 60,16 L de efluente referente ao SCV e 26,99 L, referente ao SCS. Esse dados acarretaram um menor desempenho do SCV (35,48), quando comparado ao SCS (100), no critério “**geração de efluentes**”.

O aterramento de material orgânico foi realizado apenas na primeira etapa, quando o consumo de SCS provocou o descarte de 17,68 kg de cascas de coco verde em aterro, pelo seu não aproveitamento na produção de SCV. Assim, o desempenho final do SCV no critério “**aterramento de resíduo orgânico**” foi máximo e o do SCS, mínimo.

4.5.11 Análise de valores extremos na avaliação comparativa do SCV com o SCS

Realizando-se a comparação das tecnologias considerando os três diferentes conjunto de dados (valores médio, mínimos e máximos) e supondo que qualquer desses valores possuem a mesma probabilidade de ocorrerem, observou-se que não se pode afirmar

que o SCV possui um desempenho inferior ao do SCS. Enquanto nas **situações médias e menos favorável ao SCV** (valores máximos) e mais favorável ao SCS (valores mínimos), o SCV apresentou desempenho inferior ao do SCS, na **situação mais favorável ao SCV** (valores mínimo) e menos favorável ao SCS (valores máximos), o desempenho final do SCV foi superior ao do SCS (Figura 102).

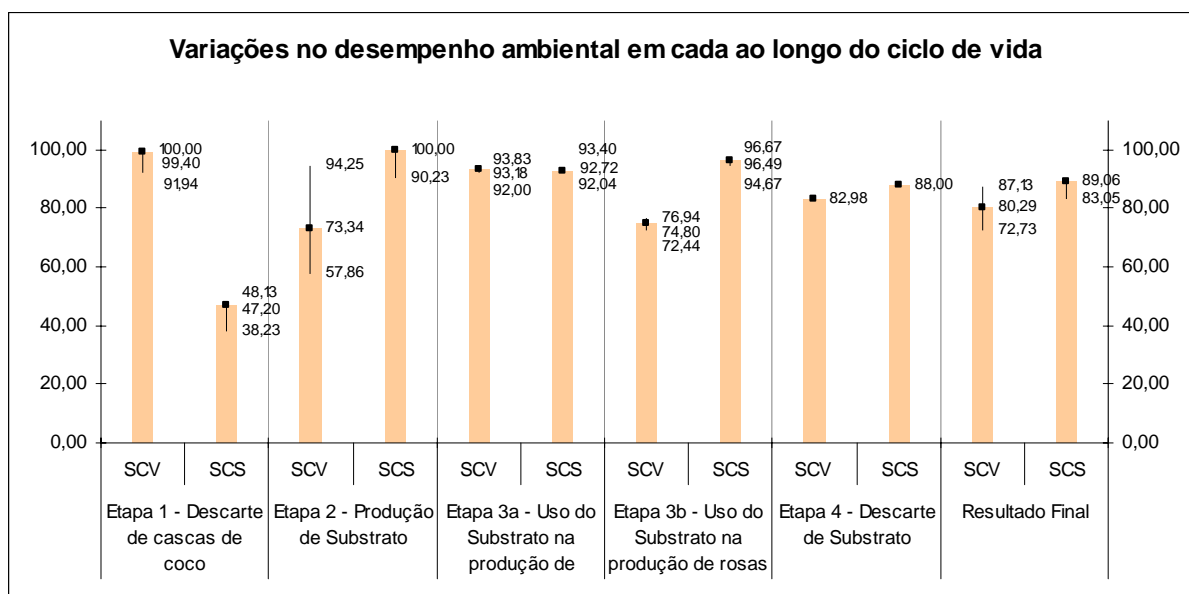


FIGURA 102 – Variações no desempenho dos SCV e SCS ao longo das etapas do ciclo de vida

Dentre as etapas do ciclo de vida analisadas, a Etapa 2 foi a que apresentou maior variação para o SCV (Figura 102). Essa maior variação pode ter sido resultado do sistema de produção de SCV ser novo, ainda está sendo aprendido e as máquinas de processamento das cascas apresentarem constantes interrupções na unidade de produção visitada do Jangurussu. Entretanto, faz-se necessário a realização de um número maior de repetições para melhor compreensão da grande variação encontrada nessa etapa de produção.

Analisando-se o resultado das variações nos dados de entrada sobre o desempenho final dos critérios ambientais, observou-se que os critérios que apresentaram maior variação em sua performance na avaliação do SCV foram: consumo de energia elétrica, consumo de combustíveis e geração de efluentes (Figura 103). A variação no consumo de energia ocorreu na Etapa 2 (produção de substrato) e se deveu as inúmeras interrupções na produção devido aos problemas de “engasgue” das máquinas. A variação no consumo de combustíveis ocorreu na Etapa 1 (descarte de cascas) e foi decorrente do processo de espalhamento das cascas de coco seco no campo ser manual e não muito preciso, podendo uma mesma quantidade de cascas ser distribuídas numa área menor ou maior, implicando em menor ou maior consumo

de combustível para trituração e incorporação do material ao solo pelos tratores. A maior variação da geração de efluente ocorreu na Etapa 2 de produção, sendo resultado de variações tanto no volume total de efluente gerado como nas cargas poluentes, decorrentes, principalmente da maturidade das cascas de coco verde processadas e das variações nos volumes de água empregados na lavagem do SCV e das máquinas.

O Apêndice O apresenta os valores médios, máximos e mínimos de cada indicador utilizados na análise de valores extremos.

4.5.12 Pontos chave para melhoria do desempenho ambiental do SCV ao longo do seu ciclo de vida

A partir da análise de desempenho de cada etapa e final, pode-se apontar cinco aspectos chave para melhoria do desempenho ambiental do SCV na produção de rosas Carola:

- **consumo de água:** o processo de prensagem das cascas de coco verde precisa ser aprimorado e o de lavagem do substrato na etapa de produção precisa ser melhor controlado, para efetiva redução da CE do material. É importante ainda lembrar que a tolerância aos sais é variada entre as diferentes espécies vegetais, devendo o processo de lavagem do substrato ser adequado ao uso que será dado ao substrato, ou seja, lavagens mais intensas em substratos que servirão ao cultivo de espécies mais sensíveis. A lavagem das máquinas processadoras de cascas de coco verde deve também ser repensada com o uso de baldes e não mangueira, para o melhor controle do volume de água utilizado;

- **consumo de energia elétrica:** o consumo de energia elétrica na etapa de produção de substrato obteve grande variação devido às interrupções ocorridas no processo. A melhoria do sistema de trituração e prensagem das cascas poderá reduzir o tempo de produção e, por consequência, o consumo de energia das máquinas;

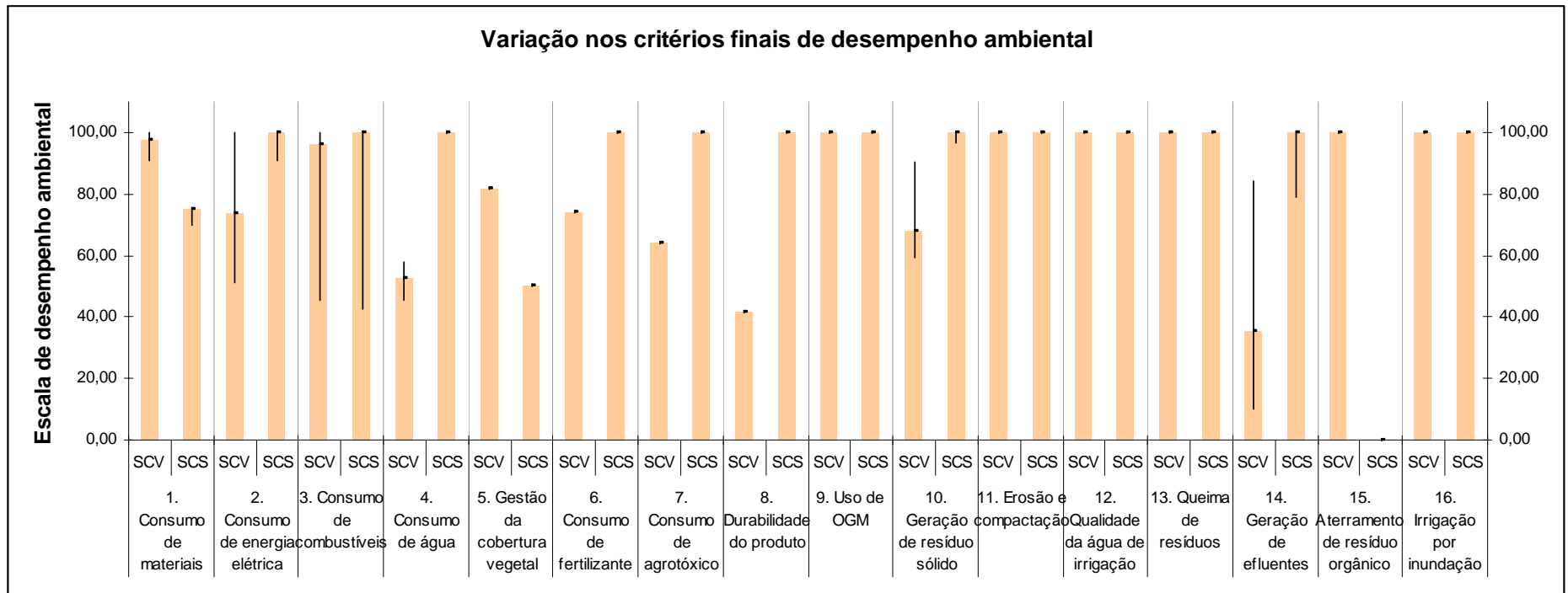


FIGURA 103 – Variações nos Critérios na Avaliação Final de Desempenho Ambiental dos SCV e SCS

- **durabilidade do produto:** o processo de maturação do SCV na etapa de produção do substrato precisa ser aprimorado, evitando, assim, a degradação desse substrato em cultivos longos. A degradação ocorrida na produção de rosas mudou as características físicas e químicas do material, podendo ter contribuído para menor produção de rosas, que repercutiu em maiores consumos (água, energia e agroquímicos) e geração de resíduos na etapa de uso do substrato na produção de rosas Carola;
- **geração de resíduos sólidos:** deve-se orientar as unidades produtoras de SCV quanto a reinserção das sobras de materiais na linha de produção e quanto as diferentes granulometrias requeridas por diferentes espécies de plantas e hortaliças, para que materiais não sejam descartados quando poderiam ter um uso no mercado.
- **geração de efluentes:** a redução no volume de água utilizada nas lavagens dos materiais também reduzirá as cargas poluentes geradas pelo SCV. Entretanto, como a principal carga é relativa ao LCCV, cujo volume deve ser aumentado com a melhor eficiência da prensagem, deve-se investir em pesquisas visando o seu reúso como fonte de energia ou nutrientes em novos processos produtivos.

Considerando os resultados da análise de sensibilidade do modelo e observando os resultados da avaliação, percebe-se que a mudança de valor em alguns indicadores, na análise do SCV, repercutirá em maiores variações no índice de desempenho ambiental. Devido os valores do SCV e SCS dos indicadores “consumo de energia”, “consumo de combustível”, “consumo de fertilizante” e “consumo de agrotóxico” serem próximos, a adoção de melhorias relacionadas a esses consumos que implicasse em redução de 30% nos mesmos, resultaria em desempenho equivalente do SCV em relação ao SCS. Entretanto, é importante reforçar a importância de melhorar a durabilidade do produto, para que o SCV possa sobrepujar o SCS.

Com relação ao impacto causado pela vulnerabilidade das bacias nos resultados obtidos com a avaliação de desempenho do SCV e do SCS, observou-se que os índices obtidos de vulnerabilidade das bacias foram próximos uns dos outros, pouco contribuindo para a diferença encontrada de desempenho entre os dois substratos.

Visando avaliar o impacto da vulnerabilidade no resultado final, os valores de vulnerabilidade encontrados para as bacias em estudo foram substituídos, considerando-se dois casos: todas as bacias assumindo o mesmo índice de vulnerabilidade, e; as bacias relacionadas às etapas de avaliação do SCV assumindo índice de vulnerabilidade mínimo (1),

enquanto as bacias relacionadas às etapas de avaliação do SCS assumiam índice de vulnerabilidade máximo (2). Observou-se que, no primeiro caso, o resultado permaneceu praticamente o mesmo, com o SCV apresentando um desempenho ambiental de 80,38 e o SCS, de 89,06. Entretanto, no segundo caso, os resultados se invertiram, com o SCV assumindo um desempenho de 91,94 e o SCS, de 82,52, revelando que no caso das etapas do ciclo de vida do SCV ocorrerem em locais com mínima vulnerabilidade e do SCS em locais de máxima vulnerabilidade, é preferível a adoção do SCV. Assim, sugere-se que, enquanto não são implementadas mudanças nos processos relativos à inovação, as unidades produtivas e de descarte de resíduos devem estar situadas em bacias de mínima vulnerabilidade ambiental.

4.6 Análise do modelo proposto em comparação a outros existentes

O compromisso em desenvolver e difundir inovações agroindustriais capazes de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental é premente nas instituições de pesquisa em todo o mundo. Esse trabalho soma esforços nessa busca pelo desenvolvimento sustentável, apresentando um modelo de avaliação do desempenho ambiental que considera os conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental.

Tomou-se como base os módulos agricultura e agroindústria do Sistema Ambitec-Agro para avaliação do impacto ambiental de inovações agroindustriais, ampliando seu escopo e transformando em quantitativa a análise semiquantitativa utilizada. Nesse sentido, o modelo de avaliação multicritério desse sistema foi expandido e sua estrutura interna de funcionamento alterada para permitir a avaliação do desempenho ambiental de uma inovação nas etapas de produção ou descarte da matéria-prima utilizada pela tecnologia, produção da tecnologia, uso da tecnologia e descarte final da mesma, além da consideração da vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas onde cada etapa está localizada.

Em sintonia com o Sistema Ambitec-Agro, o modelo proposto também avalia o desempenho ambiental de uma inovação de forma relativa, tomando como referência ou padrão para normalização dos valores dos indicadores referentes à inovação, os valores desses indicadores relativos a uma outra tecnologia existente, que desempenhe função similar no mercado.

Um conjunto de indicadores de consumo e de emissões foi escolhido por representar fontes potenciais de impactos ambientais associados às atividades agrícolas e agroindustriais, tomando-se como base os indicadores já disponíveis no Sistema Ambitec (módulos agricultura e agroindústria) e os princípios de ecoeficiência. Esses princípios incentivam redução no uso de materiais e na geração de resíduos perigosos, e ampliação de reúso e reciclagem de materiais e energia. Esses indicadores foram agregados em critérios, princípios e no índice de desempenho ambiental, com resultados por etapa e considerando todas as etapas numa avaliação final.

A análise de vulnerabilidade efetuada considerou as questões ou impactos ambientais associados à atividade agroindustrial, utilizando indicadores relacionados: à exposição da área às pressões ambientais que levam aos impactos considerados; à sensibilidade do meio físico às pressões exercidas; e, à capacidade de resposta da sociedade local na elaboração de soluções capazes de reduzir ou mitigar o efeito adverso das pressões.

Essa análise resultou em um índice de vulnerabilidade que entra como um fator de ponderação dos indicadores de desempenho que representam fontes potenciais de impacto em nível de bacia hidrográfica.

Realiza-se a seguir, uma análise do modelo proposto à luz de outros modelos que podem ser utilizados na avaliação de desempenho de inovações agroindustriais, quais sejam: Sistema Ambitec-Agro, INOVA-tec e modelos de avaliação de impacto de ACV (Ecoindicator 99, EPS 2000, EDIP 2003, IMPACT 2002+ e TRACI). Para tanto, discorre-se sobre questões importantes relacionadas à avaliação de inovações agroindustriais: consideração do conceito de ciclo de vida; consideração das características ambientais de regiões receptoras de pressões ambientais; contemplação de aspectos socioeconômicos e ambientais; consideração de consumos e emissões relevantes em avaliações agroindustriais, consideração de princípios ambientais relevantes ao desenvolvimento sustentável da agroindústria; disponibilidade de bases de dados de apoio; realização da análise de sensibilidade do modelo e de propagação do erro em sua aplicação, e; aplicação do modelo no processo de inovação. Ao final, avaliam-se benefícios e desafios associados ao uso do Ambitec-Ciclo de Vida.

Antes, porém, é preciso tornar claro algumas particularidades desses modelos. Os Sistemas Ambitec-Agro e INOVA-Tec, assim como o modelo proposto Ambitec-Ciclo de Vida possuem uma estrutura de organização e processamento dos dados diferente do conjunto de modelos de ACV. Os índices de desempenho ambiental gerados no Ambitec-Agro, INOVA-tec e Ambitec-Ciclo de Vida são obtidos a partir da agregação de indicadores em critérios, relacionados a princípios ou questões consideradas relevantes para sustentabilidade ambiental. Embora a escolha dos indicadores desses modelos leve em consideração ações de consumo e de emissão de efluentes com potencial de causar danos ambientais relevantes, esses indicadores não são expressos na forma de inventários de substâncias químicas e não são diretamente ligados a categorias de impacto ambiental, como é a prática em ACV. Entretanto, compreende-se que os indicadores de consumo e de emissão (ex: consumo de combustíveis fósseis, DBO de efluentes e geração de resíduo sólido) utilizados indicam potencial de impacto ambiental relevante amplamente discorridos na literatura científica. Assim, apesar de suas diferenças, os modelos enumerados podem ser utilizados na avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais.

4.6.1 Consideração do conceito de ciclo de vida na avaliação de inovações agroindustriais

A análise de ciclo de vida é tema relevante nas discussões sobre como desenvolver produtos que contribuam para redução das pressões ambientais e estejam alinhados com a busca do desenvolvimento sustentável (REBITZER *et al.*, 2004, EMBRAPA, 2002a e FRANKL; RUBIK, 2000). Dos modelos em estudo, o pensamento do ciclo de vida está inserido no modelo proposto (Ambitec-Ciclo de Vida) e nos modelos de avaliação de impacto baseados na metodologia ACV, normalizada pela série NBR ISO 14040.

Entretanto, buscando na literatura estudos sobre o desempenho de inovações agroindustriais que utilizam a metodologia ACV, percebe-se que os trabalhos em sua maioria estão voltados para avaliações de determinadas culturas, como ervilha e fava (NEMECEK *et al.*, 2008), colza, soja e óleo de Palma (MATTSON; CEDERBERG; LISA, 2000) e café, no caso do Brasil (COLTRO *et al.* 2006).

Essa realidade se deve principalmente as seguintes causas que precisam ser trabalhadas para expansão da ACV em avaliações de inovações agroindustriais: escassez de bases de dados que auxiliem o desenvolvimento de inventários, modelos de avaliação de impacto com fatores de caracterização desenvolvidos para Europa e EUA, e ineditismo dos novos produtos e processos agroindustriais. As bases de dados que auxiliam a geração de inventários de consumos e emissões a partir da informação da quantidade de um produto agrícola são escassas e foram desenvolvidas considerando produtos e condições tecnológicas e socioambientais estrangeiras, podendo-se destacar a base de dados *ecoinvent* que contém inventários para as culturas de tomate, trigo, cevada, centeio, milho, fava, soja, ervilhas, girassol, colza e beterraba (NEMECEK; ERZINGER, 2004), cultivadas na Suíça. Também os modelos de avaliação de impacto mais disseminados utilizam fatores de caracterização europeus (Ecoindicator 99, EPS 2000, EDIP 2003, IMPACT 2002+) ou americanos (TRACI). Outra questão a considerar é que inovação, como o próprio nome revela, é algo novo ou diferente, cuja aplicação acarreta mudanças ambientais positivas e negativas que precisam ser avaliadas e que demandam intenso trabalho de coleta de dados. Assim, algumas etapas do ciclo de vida de uma inovação, como produção de matérias-primas utilizadas pela inovação, poderiam fazer uso de base de dados existentes na condução de inventário de consumos e emissões, mas as demais etapas de produção, uso e descarte da tecnologia têm potencial de

gerar impactos ainda não cobertos por nenhuma base de dados por envolverem processos novos que implicam em consumos e emissões novas que precisam ser levantadas.

O modelo Ambitec-Ciclo de Vida possibilita uma análise ampla do desempenho ambiental de uma inovação, sem fazer uso de bases de dados e modelos de impactos estrangeiros, mas requerendo o levantamento de dados em unidades produtivas e de descarte que demandam tempo, recursos humanos e financeiros.

4.6.2 Consideração das características ambientais do meio receptor de pressões na análise de desempenho ambiental

Alguns modelos de avaliação ambiental consideram as características das regiões de entorno em avaliações de desempenho ou de impacto ambiental, enquanto outros consideram apenas as pressões exercidas sobre o meio sem atentar para o fato de que as características do meio ampliam ou não o potencial de ocorrência de efeitos negativos. A consideração das características do meio receptor de pressões ambientais é comumente realizada em estudos de impacto ambiental (EIA) e é cada vez mais reconhecida como importante em estudos de ACV, principalmente aqueles que envolvem atividades agrícolas, agroflorestais, de mineração e de construção civil (CANALS *et al.*, 2007).

No Ambitec-Ciclo de Vida essa análise é conduzida com a inserção de um fator de ponderação dos indicadores de desempenho ambiental, que expressa a vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica receptora das pressões oriundas de uma das fases do ciclo de vida de uma tecnologia. A análise da exposição de uma bacia a pressões ambientais com potencial de causar impactos, da sensibilidade do meio físico e biótico a essas pressões e da capacidade de resposta da sociedade no combate e redução dos problemas ambientais possibilitou a estruturação de um índice de vulnerabilidade. Esse índice é calculado a partir de indicadores que requerem informações disponíveis em bases de dados brasileiras de livre acesso, como IBGE e ANA.

O Sistema Ambitec-Agro não utiliza essa abordagem de vulnerabilidade, mas considera na avaliação de uma inovação alguns indicadores de estado do meio, como erosão, perda de matéria orgânica, perda de nutrientes e compactação do solo, que expressam a condição local na análise de desempenho de uma tecnologia (RODRIGUES; CAMPANHOLA; KITAMURA, 2003). Também o Sistema INOVA-tec utiliza indicadores

ecológicos que refletem sobre a mudança de estado ambiental do meio após a inserção de uma inovação (JESUS-HITZSCHKY, 2007).

Dos modelos clássicos de avaliação de impacto do ciclo de vida de produtos, o EDIP 2003 é o que apresenta metodologia para consideração dos aspectos regionais na avaliação de um maior número de categorias de impacto (ecotoxicidade, toxicidade humana, acidificação, eutrofização e poluição sonora) (POTTING; HAUSCHILD, 2005). Entretanto, esse modelo não considera a categoria de impacto “uso da terra”, que reflete sobre mudanças na biodiversidade ou na qualidade do solo.

Impactos sobre o uso da terra são considerados nos modelos Ecoindicator 99 (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2000), IMPACT 2002+ (JOLLIET *et al.*, 2003), EPS (STEEN, 1999) e TRACI (BARE *et al.*, 2003), utilizando-se diferentes metodologias que incorporam um ou mais dos seguintes parâmetros: área ocupada ou transformada, tempo de regeneração da área, riqueza de espécies e número de espécies em extinção. Embora existam métodos publicados para consideração de alterações na qualidade do solo na categoria “uso da terra” (COWELL; CLIFT, 2000, CANALS; ROMANYÀ; COWELL, 2006 e MATTSON; CEDERBERG; BLIX, 2000), ainda não estão implementadas nos modelos de avaliação de impacto estudados.

Analisando como as características regionais são consideradas nos modelos de ACV, percebe-se que nos métodos de cálculo de fatores de caracterização regional são utilizadas informações que refletem o grau de exposição de estados ou países a determinados tipos de emissões e fatores do meio físico, como tipo de solo, cobertura vegetal e precipitação que tornam uma região mais ou menos sensível a essas emissões. No modelo EDIP 2003, por exemplo, o cálculo dos fatores de caracterização na categoria de impacto “eutrofização da água” é realizado para cada país europeu considerando suas particularidades quanto a emissões de nitrogênio e fósforo provenientes da agricultura e de estações de tratamento de esgoto (fatores relativos à exposição), além de características ambientais como textura do solo, precipitação e cobertura vegetal nesses países (fatores relacionados à sensibilidade do meio) (POTTING; HAUSCHILD, 2005). Conforme já comentado, fatores de exposição, de sensibilidade, além de capacidade de resposta são utilizados no modelo Ambitec-Ciclo de Vida na avaliação da vulnerabilidade de bacias onde estão situadas etapas do ciclo de vida de uma tecnologia.

4.6.3 Consideração de aspectos sociais, econômicos e ecológicos

De acordo com a Agenda 21 brasileira (MMA, 2000), a agricultura sustentável e, conseqüentemente, o desenvolvimento de inovações agroindustriais que contribuam para a sustentabilidade, devem comprometer-se com a melhoria da qualidade de vida que está atrelada ao desenvolvimento socioeconômico com conservação e preservação ambiental.

A presente versão do modelo Ambitec-Ciclo de Vida considera apenas indicadores ecológicos, podendo ser futuramente expandida incorporando indicadores socioeconômicos relacionados à geração de emprego e renda, capacitação, dentre outros. Entretanto, como a análise é sempre relativa a uma unidade funcional, que comumente expressa quantidade de produto gerado ou área utilizada, existe uma relação entre massa consumida ou carga emitida e produção, onde se busca um menor consumo ou emissão por massa produzida ou área utilizada. Esse menor consumo e emissão costumam acarretar menores custos de produção e de tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

O Sistema Ambitec-Agro e o INOVA-tec contemplam indicadores socioeconômicos, enquanto os modelos de ACV em estudo (Ecoindicator 99, EPS 2000, EDIP 2003, IMPACT 2002+ e TRACI) não utilizam categorias de impacto socioeconômicas.

Reap *et al.* (2008) avaliou diversas tentativas de integrar categoriais de impacto socioeconômicas nos modelos de avaliação ambientais de ciclo de vida, apontando que a grande divergência no meio científico sobre como abordar essas questões impede o desenvolvimento de modelos mais amplos. As divergências dizem respeito à definição de quais impactos socioeconômicos são mais importantes de serem mensurados e até onde esses impactos estão ligados às características de produtos, já que estratégias administrativas fazem grande diferença na concessão de benefícios socioeconômicos nas empresas.

4.6.4 Consideração de princípios ambientais relevantes para sustentabilidade da agroindústria

Os princípios ambientais selecionados no modelo Ambitec-Ciclo de Vida por serem relevantes a sustentabilidade ambiental e da agroindústria em particular, de acordo com

a literatura baseada na Agenda 21, ecoeficiência, ecologia industrial e balanços ambientais da EMBRAPA, foram: eficiência tecnológica, conservação da água, solo, ar e biota e qualidade do produto. Ao serem perseguidos, contribuem para redução dos impactos negativos relacionados ao ciclo de vida de uma inovação. O princípio de eficiência tecnológica, além de buscar reduzir emissões e consumos, busca também reduzir o uso de recursos não renováveis e incentivar o reúso e a reciclagem de resíduos. A conservação ambiental, além de buscar a redução das ações que levam a degradação dos recursos naturais, também valoriza as ações de recuperação de ambientes degradados. A qualidade do produto prima pela redução no uso de aditivos e maior vida útil de produtos agroindustriais.

Com exceção da busca pela maior vida útil do produto, as demais questões relacionadas aos princípios ambientais escolhidos já integravam o Sistema Ambitec-Agro. O Sistema INOVA-tec e os modelos de avaliação de ciclo de vida, de acordo com seus indicadores, concentram esforços na redução do uso de recursos naturais, especialmente os não renováveis e as áreas florestais, e na redução de emissões de poluentes. O INOVA-tec também busca a recuperação de ambientes degradados.

4.6.5 Consideração de ações, consumos e emissões com potencial de causar impactos relevantes no contexto agroindustrial

De acordo com o levantamento da literatura realizado, foram identificados como relacionados às atividades agroindustriais os seguintes impactos ou questões ambientais: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação do solo, contaminação ambiental por agrotóxicos e por resíduos sólidos, desertificação, escassez hídrica, poluição hídrica, mudança climática, depleção de recursos não renováveis e contaminação de alimentos pelo uso de aditivos. O Modelo Ambitec-Ciclo de Vida possui indicadores que expressam pressões ou ações de recuperação que contribuem para um potencial aumento ou redução dessas questões ambientais.

Duas dessas questões – salinização do solo e desertificação – não são consideradas pelos demais modelos, provavelmente devido serem de maior importância para regiões áridas e semi-áridas, como o Nordeste brasileiro. Outras questões relacionadas à degradação do solo, como erosão e compactação, e à contaminação de alimentos por aditivos estão contempladas apenas no Sistema Ambitec-Agro.

Embora a água seja um tema de relevância global, aspectos relacionados à sua escassez estão inseridos apenas no modelo EPS, dentre os modelos de ACV analisados. Já as questões globais, como mudança climática, depleção de recursos naturais não renováveis e poluição das águas são contempladas pelos modelos de ACV.

A questão da contaminação de alimentos pelo uso de aditivos é somente considerada pelo Sistema Ambitec-Agro. Os modelos da avaliação de impacto de ACV, embora considerem várias fontes de impactos que causam problemas na saúde humana, não consideram a contaminação via ingestão de aditivos em alimentos em seus métodos. A contaminação via ingestão de alimentos considerada é a indireta, proveniente do uso de agrotóxicos e metais pesados em áreas agrícolas.

4.6.6 Análise de sensibilidade e de propagação do erro

A análise de sensibilidade nesse texto se referiu ao estudo de como variações em cada indicador do modelo repercutem em variações no resultado final da avaliação. De acordo com Malczewski (1999) e Jorgensen (1994) esse tipo de análise é importante por tornar claro aos usuários do modelo quais situações acarretarão maiores mudanças no resultado final.

Nesse sentido, foi conduzida uma análise de sensibilidade no modelo Ambitec-Ciclo de Vida, que mostrou situações que acarretam grande, pequena ou nenhuma variação no resultado dos índices finais de desempenho ambiental de uma inovação e de uma tecnologia existente. Esse tipo de análise de sensibilidade, que permite o usuário conhecer as situações em que o modelo passa a responder de forma diferenciada a dados de entrada, não está documentada na literatura dos modelos analisados.

A análise de propagação de erro deve ser efetuada quando da aplicação de um modelo para compreensão de como o resultado final da avaliação muda quando são consideradas, em conjunto, todas as variações associadas aos indicadores. No modelo Ambitec-Ciclo de Vida essa avaliação foi feita utilizando-se o método dos valores extremos, considerando-se três casos: todos os valores dos indicadores de ambas as tecnologias assumindo valores médios; os valores dos indicadores da inovação (SCV) assumindo valores mínimos e a tecnologia de comparação (SCS) assumindo valores máximos, que representa a melhor situação de desempenho para a inovação, e; os valores dos indicadores da inovação (SCV) assumindo valores máximos e a tecnologia de comparação (SCS) assumindo valores

mínimos, que representa a pior situação de desempenho para a inovação. Esse método foi escolhido devido o custo de condução de repetições no levantamento dos dados nas empresas ser elevado, conduzindo a uma proposta de aplicação do modelo utilizando dados médios, mínimos e máximos baseados em pelos menos três repetições na tomada dos dados.

A análise de propagação de erro é incentivada em ACV, especialmente nos modelos EPS 2000 e Ecoindicator 99, sendo utilizadas distribuições lognormais e fornecidas médias e desvio padrões geométricos para os fatores de caracterização utilizados em seus métodos de avaliação de impacto. O método de simulação Monte Carlo é usualmente empregado na realização de análises de propagação de erro, sendo implementado em alguns softwares comerciais de ACV, como GaBi e SimaPro.

A Tabela 24 apresenta um resumo das questões abordadas no estudo comparativo dos modelos de avaliação ambiental.

TABELA 24 – Resumo da comparação entre modelos

Sistema	INOVA-Tec	TRACI	EDIP 2003	EPS 2000	IMPACT 2002+	ECOINDICATOR 99	Ambitec-Ciclo de Vida	
Rodrigues, Campanhola e Kitamura (2003)	Jesus-Hitzschky (2007)	Bare <i>et al.</i> (2003)	Pooting e Hauschild (2005)	Steen (1999)	Jolliet <i>et al.</i> (2003)	Goedkoop e Spriensma (2000)		
1. Consideração do conceito de ciclo de vida na avaliação de inovações agroindustriais		x	x	x	x	x	x	
2. Consideração das características do meio receptor de pressões ambientais	Considera o aumento ou redução de alterações no local onde uma inovação é utilizada	Considera o aumento ou redução de alterações no local onde uma inovação é utilizada	Considera características estaduais nas análises de Eutrofização, Acidificação e uso da terra (impacto sobre espécies em perigo de extinção)	Considera características de países europeus nas análises de Eutrofização, Acidificação, Toxicidade humana, Ecotoxicidade e Poluição sonora	Não considera	Considera fatores de caracterização referentes a 50 bacias europeias na avaliação da Toxicidade Humana e fatores continentais para Europa na avaliação das demais categorias de impacto	No cálculo do dano causado por emissões e uso de recursos, são utilizados fatores de caracterização considerados médios para a realidade europeia	Considera a vulnerabilidade de bacias hidrográficas receptoras de pressões ambientais (consumos de água, desmatamento e emissões para o solo e água), através da integração de indicadores de exposição, sensibilidade do meio e capacidade de resposta
2. Consideração de aspectos sociais, econômicos e ecológicos	sociais, econômicos e ecológicos	sociais, econômicos, ecológicos e outros	ecológicos	ecológicos	ecológicos	ecológicos	ecológicos	

TABELA 24 – Resumo da comparação entre modelos (Cont.)

	Sistema							Ambitec-Ciclo de Vida
	Ambitec-Agro	INOVA-Tec	TRACI	EDIP 2003	EPS 2000	IMPACT 2002+	ECOINDICATOR 99	
3. Consideração de consumos e emissões com potencial de causar os seguintes impactos relacionados a tecnologias agroindustriais:								
Perda da biodiversidade	x	x	x (Uso da Terra, espécies ameaçadas; ecotoxicidade)	x (Ecotoxicidade)	x	x	x	x
Erosão	x							x
Compactação	x							x
Salinização do solo								x
Acidificação			x	x	x	x	x	x
Contaminação ambiental por agrotóxico	x			x (Ecotoxicidade, Toxicidade Humana)	x	x	x	x
Contaminação ambiental por resíduos sólidos	x	x		x (ecotoxicidade, toxicidade humana)	x	x	x	x
Desertificação								x
Escassez hídrica	x	x			x			x
Poluição das águas	x	x	x (eutrofização)	x (eutrofização)	x	x	x	x
Mudança climática	x		x		x	x	x	x
Depleção de fontes não-renováveis de matéria e energia	x		x		x	x	x (minerais e combustíveis fósseis)	x
Contaminação de alimentos pelo uso de aditivos	x							x

TABELA 24 – Resumo da comparação entre modelos (Cont.)

	Sistema							
	Ambitec-Agro	INOVA-Tec	TRACI	EDIP 2003	EPS 2000	IMPACT 2002+	ECOINDICATOR 99	Ambitec-Ciclo de Vida
5. Análise de sensibilidade e de propagação do erro	Não documentado	Não documentado	Não realiza análise de sensibilidade e de propagação de erro	Estimula o usuário do modelo a realizar análises de propagação de erro variando os valores dos fatores de caracterização, mas não disponibiliza valores médios e variações para esses fatores	Para a análise de propagação de erro, assume distribuição lognormal para todos os fatores de caracterização utilizados em cada método de avaliação de impacto e apresenta desvio padrão geométrico para cada fator	Aponta as categorias de impacto com maior incerteza nos resultados, mas não fornece variações para os fatores de caracterização empregados	Para a análise de propagação de erro, assume distribuição lognormal para todos os fatores de caracterização utilizados em cada método de avaliação de impacto e apresenta desvio padrão geométrico para cada fator	Realiza análise de sensibilidade e propõe o uso de valores extremos na análise de propagação de erro

4.6.7 Suporte dos modelos de avaliação ambiental a um processo sustentável de inovação

Para que o processo de inovação tecnológica agroindustrial resulte em tecnologias sustentáveis, faz-se necessário a disponibilização e uso de ferramentas metodológicas que facilitem a consideração das questões ambientais em cada etapa desse processo, que envolve: prospecção e percepção de uma demanda tecnológica; elaboração do projeto; desenvolvimento da inovação, e; difusão e adoção da inovação (OECD, 1997).

Na primeira etapa de prospecção e percepção da demanda, o pensamento de prospectar e perceber a necessidade de desenvolver tecnologias ecoeficientes, ou seja, que façam uso eficiente dos recursos naturais, de subprodutos e resíduos e gerem menos emissões poluentes vem ganhando espaço na pesquisa agropecuária. O Programa de Fortalecimento e Crescimento da Embrapa (EMBRAPA, 2008) com diretrizes para pesquisa e desenvolvimento mostra em seus objetivos o compromisso da pesquisa com o desenvolvimento de inovações que promovam a sustentabilidade nas diferentes regiões do país. Entretanto, dentre as ferramentas analisadas de avaliação do desempenho, nenhuma é dirigida para facilitar a incorporação das questões ambientais nessa etapa inicial de prospecção tecnológica agroindustrial.

Já na etapa de elaboração do projeto tecnológico, com vistas a garantir apoio financeiro e institucional, destaca-se o Sistema INOVA-tec que tem como um de seus objetivos a realização de uma análise *ex-ante* da sustentabilidade de uma inovação, não necessariamente agroindustrial. Esse sistema também traz indicadores para realização de uma análise ambiental *ex-post*, visando avaliar a real contribuição de uma inovação para sustentabilidade, ao ser adotada.

Na etapa de desenvolvimento de uma inovação agroindustrial, em princípio, qualquer dos modelos estudados e o proposto podem ser utilizados para avaliações ambientais. Entretanto, há que se ponderar que desses modelos, apenas o Sistema Ambitec-Agro e o Ambitec-Ciclo de Vida estão focados na avaliação de inovações agroindustriais, com o uso de indicadores diretamente relacionados com as questões ambientais relevantes às atividades agroindustriais.

Quando a inovação é de processo e não gera ou modifica um produto, a sua avaliação de desempenho deve ser realizada na unidade piloto de uso do processo e comparada com o uso de uma tecnologia existente. O Sistema Ambitec-Agro é facilmente aplicável nessa situação, embora requeira que a equipe de pesquisa e transferência

4.6.8 Benefícios e desafios da aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida

A aplicação do modelo Ambitec-Ciclo de Vida superou uma série de desafios e trouxe benefícios que precisam ser considerados quando do planejamento de um estudo do desempenho de uma inovação agroindustrial utilizando o modelo proposto.

Dentre os principais desafios inerentes à aplicação do modelo, ressaltam-se:

- definição da função da tecnologia e sua unidade funcional, pois dependendo da definição adotada o resultado da avaliação se modifica. O processo de beneficiamento da casca de coco verde gera fibra e pó que podem ser utilizados como substrato agrícola, mas a fibra também possui outras aplicações, podendo ser utilizada em estofamentos, artesanatos, produção de novos materiais, dentre outros usos. Caso a função da tecnologia tivesse sido definida como “beneficiar casca de coco verde”, o foco teria sido apenas a etapa de processamento das cascas e a tecnologia de comparação deveria ser outro processo que também beneficiasse as cascas do coco, levando a resultados diferentes. Como na Embrapa Agroindústria Tropical já estavam sendo desenvolvidos estudos sobre o potencial de utilizar o pó e a fibra como substrato em cultivos de mudas e de plantas, o foco do trabalho foi direcionado não para o processo de beneficiamento, mas para o produto “substrato” que suporta o enraizamento de mudas e de plantas em cultivos hidropônicos. A escolha de qual cultivo aplicar o SCV também interferiu nos resultados. O cultivo de rosas foi escolhido por representar um grande mercado potencial em crescimento no Ceará, no Brasil e no mundo. Também a escolha da variedade “Carola” direcionou os resultados, pois como foi observado no experimento com mudas, não foi possível cultivar mudas da espécie Salmone no SCV, apenas roseiras dessa variedade;
- escolha de unidades com produção representativa e que permitem a realização dos levantamentos de campo. Em muitas empresas, as informações requeridas pelo modelo (ex: consumo de água e energia por kg de produto) não estão disponíveis e para levantá-las é preciso acompanhar repetidas vezes o processo de produção, realizando-se mensurações que alteram a rotina das empresas;
- demanda de tempo, pessoal capacitado e recursos financeiros para coleta dos dados que envolvem viagens, diárias e realização de análises laboratoriais. Esses recursos precisam ser planejados e alocados ao processo de pesquisa e

desenvolvimento agroindustrial para que possam garantir uma ampla e consistente avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais;

- Demanda de tempo no levantamento e processamento dos dados de vulnerabilidade ambiental das bacias. Para que esse recurso possa ser facilmente utilizado em trabalhos futuros, faz-se necessário ofertar aos usuários do modelo os índices de vulnerabilidade das bacias hidrográficas estaduais brasileiras;

Dentre os benefícios advindos com a aplicação do modelo, ressaltam-se:

- melhor compreensão do desempenho ambiental de uma inovação, possibilitando à equipe de pesquisa e desenvolvimento ajustar aspectos da tecnologia que são fontes potenciais de impacto ambiental não só no local onde a tecnologia é diretamente utilizada, mas também em várias etapas do seu ciclo de vida. A análise isolada do desempenho de uma inovação em uma dada etapa do seu ciclo de vida pode levar a conclusão de que a tecnologia já se apresenta com reduzido impacto ambiental, quando comparada à outra tecnologia existente, não revelando pontos críticos em outras etapas do seu ciclo de vida que deveriam ser foco de aperfeiçoamento da pesquisa. A aplicação do modelo proposto na avaliação do SCV exemplifica essa situação, pois algumas etapas do ciclo de vida desse produto apresentaram desempenho satisfatório (etapa de descarte de matéria-prima e de uso do substrato na produção de mudas Carola), enquanto outras etapas (etapa de produção do substrato, de uso na produção de rosas e de descarte final) revelaram situações de menor eficiência no uso dos recursos naturais e maior geração de resíduos que devem ser consideradas para melhoria do desempenho desse produto;

- maior clareza das características das tecnologias comparadas, pela incorporação dos conceitos de função e unidade funcional no modelo de avaliação. Sem essa definição, corre-se um risco maior de comparação de tecnologias com funções pouco parecidas e do levantamento de dados de consumo e de emissões para quantidades diferentes de produto final, conduzindo a uma interpretação equivocada dos resultados;

- a entrada de dados de consumo e de emissões de cada tecnologia separadamente no modelo e sua posterior normalização, ao invés da entrada de um valor já normalizado baseado na comparação efetuada pelo usuário da inovação (utilizado no Sistema Ambitec-Agro), torna aparentes os valores envolvidos na comparação

e o resultado da normalização dos mesmos, facilitando a compreensão do desempenho de uma tecnologia em relação à outra. Essa entrada de dados também facilita a comparação de tecnologias cujas etapas do ciclo de vida ocorrem em locais diferentes, não requerendo que o usuário de uma tecnologia possua conhecimento sobre a outra tecnologia de comparação na avaliação de desempenho;

- o estudo da vulnerabilidade de bacias hidrográficas na avaliação do desempenho ambiental de inovações permitiu analisar em quais bacias os impactos negativos se acentuam e em quais são minimizados, podendo-se construir cenários de uso da inovação que podem auxiliar na definição de estratégias de difusão tecnológica.

5 CONCLUSÕES

Na conclusão desse trabalho, avalia-se a consecução dos objetivos propostos, a contribuição científica do modelo proposto, sugerindo-se, em seqüência, trabalhos de pesquisa que podem complementar o atual.

5.1 Atendimento aos objetivos propostos

O objetivo geral de propor um modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações agroindustriais que considerasse os conceito do ciclo de vida e de vulnerabilidade ambiental foi subdividido em três objetivos específicos. A Tabela 26 relaciona esses objetivos com os itens onde foram trabalhados ao longo do texto e as principais conclusões obtidas, podendo-se inferir que todos os objetivos estabelecidos foram alcançados.

TABELA 26 – Objetivos propostos e principais conclusões

Objetivo 1: Ampliar o modelo conceitual do Sistema Ambitec-Agro (Avaliação do Impacto Ambiental da Inovação Agropecuária), para as atividades agrícolas e agroindustriais, com a inserção dos conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental, definindo-se indicadores e regras para sua aplicação	
Item do trabalho	Conclusões
<ul style="list-style-type: none"> - 4.1 Proposta do Modelo de Avaliação do Desempenho Ambiental de Inovações Agroindustriais, com base no conceito de ciclo de vida e na vulnerabilidade ambiental (Ambitec-Ciclo de Vida); - 4.2 Detalhamento do modelo Ambitec-Ciclo de Vida; - 4.4 Como utilizar o modelo Ambitec-Ciclo de Vida. 	<ul style="list-style-type: none"> - O modelo proposto (Ambitec-Ciclo de Vida) incorporou os conceitos de ciclo de vida e de vulnerabilidade ambiental, permitindo realizar a avaliação do desempenho ambiental de inovações em quatro etapas do seu ciclo de vida (produção da matéria-prima, produção, uso e descarte da tecnologia); - Foi definido e descrito um conjunto de 37 indicadores quantitativos e semiquantitativos, relativos a 17 critérios e 5 princípios de desempenho ambiental, gerando um índice de desempenho ambiental da inovação e da tecnologia de comparação; - Foi definido e descrito um conjunto de 17 indicadores de vulnerabilidade ambiental, organizados em 3 critérios (exposição, sensibilidade e capacidade de resposta) que ao serem agregados geraram um índice que expressa a vulnerabilidade de uma bacia;

TABELA 26 – Objetivos propostos e principais conclusões (Cont.)

Objetivo 1: Ampliar o modelo conceitual do Sistema Ambitec-Agro (Avaliação do Impacto Ambiental da Inovação Agropecuária), para as atividades agrícolas e agroindustriais, com a inserção dos conceitos de ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental, definindo-se indicadores e regras para sua aplicação	
Item do trabalho	Conclusões
	<ul style="list-style-type: none"> - Foram estabelecidas regras para inserção do estudo de vulnerabilidade na avaliação de desempenho, para normalização e para agregação dos indicadores em índices, tornando clara a sistemática de processamento dos dados do modelo; - O modelo permitiu quantificar o desempenho ambiental de uma inovação, em comparação com outra tecnologia existente, apresentando resultados por etapa do ciclo de vida e considerando todas as etapas numa avaliação final; - Os resultados do modelo foram apresentados em vários níveis de agregação dos dados, permitindo uma análise das questões ambientais por indicador, por critério, por princípio e por índice final de desempenho ambiental. - Foram desenvolvidas e interligadas planilhas no Excel para entrada, processamento e geração dos resultados do modelo.
Objetivo 2: Realizar análise de sensibilidade do modelo	
Item do trabalho	Conclusões
- 4.3 Análise de sensibilidade do modelo Ambitec-Ciclo de Vida.	<p>Foram identificadas situações que acarretam grande, pequena e nenhuma alteração no índice final de desempenho ambiental de uma inovação, quando variações são aplicadas em cada indicador separadamente, quais sejam:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ grande mudança nos índices finais ocorre quando variações nos valores de um dado indicador provoca sua mudança para zero ou uma inversão de posição de uma tecnologia em relação à outra, ou seja, quando uma tecnologia reduz o consumo ou a recuperação de ambientes para valores menores que os encontrados para a outra tecnologia; ✓ pequena variação nos índices finais ocorre quando variações aplicadas no valor de um indicador para uma tecnologia não acarretam uma inversão de posição dessa tecnologia em relação à outra, ou seja, após a variação aplicada no valor do indicador de uma tecnologia, esse valor continua sendo menor ou maior que o da outra tecnologia; ✓ nenhuma variação nos índices finais ocorre quando o valor assumido por um indicador de uma tecnologia é zero, ou seja, a tecnologia não consome ou gera nenhum resíduo e variações são aplicadas no valor do mesmo indicador para a outra tecnologia de comparação, desde que essa variação não seja para zero.

TABELA 26 – Objetivos propostos e principais conclusões (Cont.)

Objetivo 3: Aplicar o modelo proposto na avaliação de uma inovação	
Item do trabalho	Conclusões
<p>- 4.5 Aplicação do Modelo Ambitec-Ciclo de Vida na avaliação do substrato da casca de coco verde (SCV) na produção de rosas Carola</p>	<p>- Quando da utilização de valores médios para os indicadores, observou-se que o SCV apresentou desempenho ambiental inferior ao SCS. As etapas que mais contribuíram para o menor desempenho do SCV foram a Etapa 2 (produção de substrato) e a Etapa 3b (uso do substrato na produção de rosas Carola);</p> <p>- Entretanto, a análise de valores extremos mostrou que não se pode afirmar que o SCV possui um desempenho inferior ao do SCS, uma vez que na situação mais favorável ao SCV (indicadores com valores mínimos) e menos favorável ao SCS (indicadores com valores máximos), o desempenho final do SCV foi superior ao do SCS;</p> <p>- Dentre as etapas do ciclo de vida analisadas, a Etapa 2 (produção de substrato) foi a que apresentou maior variação dos dados para o SCV, devido provavelmente ao processo de produção de SCV ainda ser novo e está em constante modificação. Observou-se que os critérios que apresentaram maior variação em sua performance na avaliação do SCV, considerando-se o resultado final, foram: consumo de energia elétrica, consumo de combustíveis e geração de efluentes;</p> <p>- A aplicação do modelo permitiu identificar os indicadores, critérios e princípios ambientais que precisam ser trabalhados em cada etapa da análise para que o SCV possa alcançar melhor desempenho ambiental. Questões identificadas como chave estão relacionadas à melhoria nos processos de: trituração, prensagem e separação do pó e da fibra reduzido engasgues e paradas do conjunto de máquinas; de lavagem do substrato, reduzindo a quantidade de água e aumentando a eficiência da retirada de sais do substrato; maturação do substrato, aumentando a durabilidade do produto; de aproveitamento dos resíduos de cascas ao longo do processo de produção, e; de aproveitamento do LCCV, evitando poluição de corpos d'água.</p> <p>- Devido as bacias hidrográficas envolvidas na análise apresentarem índices de vulnerabilidade ambiental similares, a vulnerabilidade das bacias não interferiu significativamente no resultado da avaliação de desempenho ambiental dos substratos. Entretanto, caso as etapas do ciclo de vida do SCV estivessem localizadas em bacias hidrográficas de mínima vulnerabilidade e as etapas do SCS, em bacias de máxima vulnerabilidade, considerando os valores médios dos indicadores de desempenho, o uso do SCV resultaria em maior desempenho ambiental;</p>

TABELA 26 – Objetivos propostos e principais conclusões (Cont.)

Objetivo 3: Aplicar o modelo proposto na avaliação de uma inovação	
Item do trabalho	Conclusões
- 4.5 Aplicação do Modelo Ambitec-Ciclo de Vida na avaliação do substrato da casca de coco verde (SCV) na produção de rosas Carola	- Considerando os resultados da análise de sensibilidade do modelo e observando os resultados da avaliação, percebeu-se que a mudança de valor em alguns indicadores, na análise do SCV, repercute em maiores variações no índice de desempenho ambiental. Devido os valores do SCV e SCS dos indicadores “consumo de energia”, “consumo de combustível”, “consumo de fertilizante” e “consumo de agrotóxico” serem próximos, a adoção de melhorias relacionadas a esses consumos que implicar em redução de 30% nos mesmos, resultará em desempenho equivalente do SCV em relação ao SCS.

5.2 Contribuição científica do trabalho

Na área de estudo de avaliação de impacto ambiental, encontram-se disponíveis inúmeras ferramentas para avaliações ambientais de projetos e políticas de desenvolvimento, algumas para avaliação da atividade agroindustrial e poucas para avaliação de inovações agroindustriais. Nesse ínterim, esse trabalho é importante para a área de avaliação de impactos ambientais por disponibilizar uma ferramenta voltada para avaliação do desempenho ambiental de inovações e que conjuga conceitos atuais como ciclo de vida e vulnerabilidade ambiental.

O modelo Ambitec-Ciclo de Vida, em comparação aos modelos tradicionais de avaliação de ciclo de vida, diferencia-se por considerar questões ambientais próprias da agroindústria, por considerar a vulnerabilidade ambiental, referente a essas questões, de cada local onde uma etapa do ciclo de vida de uma tecnologia ocorre e por não utilizar modelos que vinculem diretamente os indicadores ambientais de consumo de recursos naturais e de emissão de poluentes a impactos ambientais intermediários ou finais.

O Ambitec-Ciclo de Vida foi desenvolvido para servir de suporte à tomada de decisão na etapa de desenvolvimento de inovações, auxiliando na melhoria contínua de produtos e processos agroindustriais e na transferência de tecnologias.

5.3 Sugestões para próximos trabalhos

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, sugere-se a realização dos seguintes trabalhos de pesquisa:

- ampliação dos módulos pecuária e socioeconômico do Sistema Ambitec-Agro, para uma análise considerando os conceitos de ciclo de vida e de vulnerabilidade ambiental;
- desenvolvimento de um banco de dados contendo os índices de vulnerabilidade ambiental das demais bacias brasileiras, o que facilitará a aplicação do modelo proposto, em outras regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14001**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR ISO 14031**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

_____. **NBR ISO 14040**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR ISO 14041**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. **NBR ISO 14042**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

_____. **NBR ISO 10004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.

ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. Indicadores de processos de desertificação. In: ROMEIRO, A. R. (Org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas: Editora da UNICAMP, p. 123 – 142, 2004.

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268 – 281, 2006.

ALLENBY, B. *et al.* Ecometrics Stakeholder Subjectivity: Values, Issues and Effects. **Environmental Quality Management**, v. 8, n. 1, p. 1 – 18, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cadernos de recursos hídricos: disponibilidades e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 11/04/2005.

_____. **Banco de dados dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2006. CD-ROM.

_____. **Dados de condutividade elétrica de postos de monitoramento localizados na Bacia do Mundaú, 2007**. Planilha eletrônica: Excel.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 17ed. Washington D C: APHA, 1989. 1587p.

_____. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20ed. Washington D C: APHA, 1998. 1.155 p.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). **Sustainability criteria for water resource systems**. Reston: ASCE; UNESCO/IHP. 1998.

ANDREI, E. (Org.). **Compêndio dos defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para produtos agrícolas**. São Paulo: Organização Andrei, 1999, 672 p.

ANDREOLI, M.; TELLARINI, V. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 77, p. 43-52, 2000.

ANJOS, L. H. C.; VAN RAIJ, B. Indicadores de processos de degradação de solos. In: ROMEIRO, A. R. (Org.). **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas: Editora da UNICAMP, p. 87 – 111, 2004.

ARAÚJO, L. F. P.; GOMES, R. B.; ROSA, M. F.; FIGUEIREDO, M. C.B.; PAULINO, W. D. Nutrientes e grau de trofia dos principais reservatórios da bacia hidrográfica do Acaraú-CE-BR. In: VIII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, Fortaleza. **CD-ROM**, Fortaleza: ABES.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991.

BANCO MUNDIAL. **The World Bank approach to the environment**. Washington: Banco Mundial, 2000.

BARE, J. C.; NORRIS, G. A.; PENNINGTON, D. W.; MCKONE, T. TRACI: The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. **Journal of Industrial Ecology**, v. 6, n. 3-4, p. 49 – 73, 2003.

BARRETO, F. M. S. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil/ Área de Concentração em Saneamento Ambiental) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFC, Fortaleza, 2006.

BELL, S.; MORSE, S. **Measuring sustainability**: learning from doing. Earthscan. 2003.

BERKEL, R. **Innovation and technology for a sustainable materials future**, 2005. Disponível em: <www.c4cs.curtin.edu.au/>. Acesso em: 1 set. 2005.

BISSET, R. Introduction to methods for environmental impact Assessment. In: UNIT, P. E. I. A. P., Ed. **Environmental impact assessment**. The Hague: Martinus Nijhoff, p. 131-147, 1983.

_____. Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Ed.). **Environmental impact assessment for developing countries**. London: Tycoly International, p. 3-64, 1987.

BJÖRKLUND, A. E. Survey of Approaches to Improve Reliability in LCA. **International Journal of LCA**, v. 7, n. 2, p. 64 – 72, 2002.

BNB. **Manual de impactos ambientais**. Fortaleza: BNB, 1999.

BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P.; van der WERF, H. M. G. Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 261-270, 1997.

BOSSSEL, H. **Indicators for Sustainable Development: Theory, Method and Applications**. Canada: IISD, 1999.

BOSSHARD, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspective for rural planning. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.77, p. 29-41, 2000.

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice-Hall, 2002.

BRASIL. Lei Federal Nº. 6.938, de 31/08/1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1981. Disponível em: < www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/legislacao/coletanea/lei6938.htm>. Acesso em: 2 Out. 2006.

BRENTROP, F.; KUSTERS, J.; KUHLMANN, H.; LAMMEL, J. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. **European Journal of Agronomy**, v. 20, p. 247 – 264, 2004.

CALAIS, M. D.; KERZEE, R.G.; BING-CANAR J.; MENSAH, E.K.; CROKE, K.G.; SWGER R.S. An indicator of solid waste generation potential for Illinois using principal component analysis and geographic information system. **Journal of the Air and Waste Management**, v. 46, 1996.

CANALS, L. M.; ROMANYÀ, J.; COWELL, S. J. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of “fertile land” in Life Cycle Assessment (LCA). **Journal of Cleaner Production**, v. xx, p. 1-15, 2006.

CANALS, L. M.; BAUER, C.; DEPESTELE, J.; DUBREUIL, A.; KNUCHEL, R. F.; GAILLARD, G.; MICHELSEN, O.; MÜLLER-WENK, R.; RYDGREN, B. Key Elements in a Framework for Land Use Impact Assessment Within LCA. **International Journal of LCA**, v. 12, n.1, p. 5 – 15, 2007.

CANTER, L. W. **Environmental Impact Assessment**. 2^a ed. Nova York: McGraw-Hill, 1996. 660 p.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1968.

CASTILHOS JR., A. B. (Coord.). **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003.

CASTRO, A. G.; RODRIGUES, G. S.; FERREIRA, M. C. Proposta para a abordagem do dilema agricultura x meio ambiente. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 7, p. 646-651, 1988.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM (CEMPRE). **O mercado para reciclagem**, 2006. Disponível em: <www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_composto_urbano.php>. Acesso em <14/05/2008>.

CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F. M.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R.; NICOLELHA, G. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 741 – 747, 1999.

CHIMBUYA, S.; PRESCOTT-ALLEN, R.; LEE-SMITH, D. **Assessing rural sustainability**. Gland: IUCN, 1997. 35 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.

COLTRO, L.; MOURAD, A. L.; OLIVEIRA, P. A. P. L. V.; BADDINI, J. P. O.A.; KLETECKE, R. M. Environmental Profile of Brazilian Green Coffee. **International Journal of LCA**, v. 11, n. 1, p. 16-21, 2006.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ (COGERH). **Dados de salinidade e sodicidade em pontos de monitoramento da qualidade da água no Ceará (2006 – 2007)**, 2007. Planilha Eletrônica: Excel.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA N^o. 1, de 17/02/86. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 Fev. 1986.

COWELL, S. J.; CLIFT, R. A methodology for assessing soil quantity and quality in life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 321 – 331, 2000.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica**: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos: Inpe. 2004.

D'ALMEIDA, L, O.; VILHENA, A. (Coord.). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DULLEY, R. D. Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. **Agricultura em São Paulo**, v. 51, n. 2, p. 15 - 26, 2004.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável**: Origens e perspectivas de um novo paradigma. 2^a Ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). O Meio Ambiente e o Compromisso Institucional da EMBRAPA. Brasília: EMBRAPA, 2002a. 87 p.

_____. Balanço ambiental. Brasília: EMBRAPA, 2002b. 67 p.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Codex general standard for food additives (gsfa) online database**. Disponível em: < <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/index.html?lang=en> >. Acesso em: 23/05/2008.

FERREIRA, S. R. L. CALDEIRA-PIRES; A. A.; CASTANHO, C. D.; LAMB, C. M. S. R; BRASHER, M; FERNANDES, J. H. C. Trajetória do projeto: inventário do ciclo de vida para a competitividade da indústria brasileira – ICV. **Proceedings of CILCA 2007**. São Paulo, 2007.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; BARROS, V. S; ARAÚJO, L. F. P.; GONDIM, R. S. Questões ambientais na agricultura: principais impactos no cultivo do cajueiro. In: OLIVEIRA, V. H.; COSTA, V. S. O. (Ed.). **Manual de Produção Integrada de Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005.

FRANKL, P.; RUBIK, F.; **Life Cycle Assessment in Industry and Business: adoption patterns, applications and implications**. Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. 280 p.

FRISCHKNECHT, R. ecoinvent Data v1.1 (2004): From heterogenous databases to unified and transparent LCI data. **International Journal of LCA**, v. 10, n. 1, p. 1–2, 2005.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). **Monitoramento hidroambiental: dados pluviométricos (1974 a 2007)**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/DEPAM/index.htm>>. Acesso em: 11/01/2008.

GALLOPIN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, 2006.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S; ASSIS JR., R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. cap. 16, p. 329 – 346.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. Editora Edgard Blucher. 2006.

GIRARDIN, P.; BOCKSTALLER, C.; van der WERF, H. Indicators, tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 5 - 21, 1999.

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. The Eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment. **Methodology Report**. Amersfoort: PRé Consultants B. V. 2000. 132 p.

GOODLAND, R.; DALY, H. Environmental sustainability: universal and non-negotiable. **Ecological Applications**, v. 6, n. 4, p. 1002 – 1017, 1996.

GRAEDEL, T. E. **Streamlined life-cycle assessment**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1998.

HARDI, P.; SEMPLE, P. The dashboard of sustainability: from a metaphor to an operational set of indices. In: FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCE, 2000, Colônia. **Proceedings...**, Colônia, 2000.

HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M. A. J. A Review of Approaches to Treat Uncertainty in LCA. In: INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL MODELLING AND SOFTWARE SOCIETY (IEMSS) 2004 CONFERENCE, 2004, Copenhagen. **Proceedings...**, Copenhagen, 2004.

HISCHIER, R., UGAYA, C., SILVA, G. A., LAMB, C. R. M., RODRIGUES, D. Capacity building for a national Life Cycle Inventory Database - lessons learned in the real world. Case study of a Swiss-Brazilian capacity building project. **Proceedings of CILCA 2007**. São Paulo, 2007.

HORBACH, J. **Indicator Systems for Sustainable Innovation**. New York: Physics-Verlag, 2005.

HUNKELER, D.; REBITZER, G. Life Cycle Costing: Paving the Road to Sustainable Development? **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.8 , n. 2, pp. 109-110, 2003.

IAP-GTZ. MAIA: **Manual de Avaliação de Impactos Ambientais**. Curitiba: IAP:GTZ, 1993.

IMHOFF, S. D. C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 1996**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000a**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Censo Demográfico 2000b**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental**. 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/munic_meio_ambiente_2002/index.htm>. Acesso em: < 28/02/2008>.

_____. **Cadastro Nacional de Empresas 2005**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/12/2007.

_____. **Mapa de Áreas Protegidas**. Disponível em : < <http://mapas.ibge.gov.br/uc/Run.htm> >. Acesso em: < 12/01/2008>.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA (IICA). **Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas na América do Sul**. 2006. Disponível em: <www.iicadesertification.org.br>. Acesso em 11/04/2007.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT (IIED); WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Breaking new ground: the report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project**. London: Earthscan Publications, 2002.

INTERNATIONAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). **Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual**. Bracknell: IPCC, 1996.

_____. **Mudança climática 2007: a base das ciências físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o quarto relatório do IPCC**. 2007a. Disponível em < www.mct.gov.br/clima >. Acesso em: 11/06/2007.

_____. Mudança climática 2007: mitigação da mudança do clima. **Contribuição do Grupo de Trabalho III para o quarto relatório do IPCC**. 2007b. Disponível em < www.mct.gov.br/clima >. Acesso em: 11/06/2007.

IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I.; BUSCHINELLI, C. C. A. **Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Inovações Tecnológicas nos Segmentos Agropecuário, Produção Animal e Agroindústria (Sistema Ambitec)**. Circular Técnica 5. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004.

KOELLNER, T.; SCHOLZ, R. W. Assessment of Land Use Impacts on the Natural Environment. Part 1: An Analytical Framework for Pure Land Occupation and Land Use Change. **International Journal of LCA**, v. 12, n.1, p. 16 – 23, 2007.

JENSEN, A. A.; REMMEN, A. **Background report: UNEP guide to life cycle management, a bridge to sustainable product**. Paris: UNEP, 2006. 108 p.

JESUS-HITZSCHKY, K. R. E. Impact Assessment system for technological innovation: INOVA-tec System. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 2, p. 67 – 82, 2007.

JORGENSEN, S.E. **Fundamentals of ecological modelling**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 628 p.

JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. **Princípios para o gerenciamento de lagos**. São Carlos: ILEC, IIE, UNEP, 2000.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G; ROSENBAUM, R. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. **International Journal of LCA**, v. 8, n. 6, p. 324 – 330, 2003.

LI, A.; WANG, A.; LIANG, S.; ZHOU, W. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS – A case study in the upper reaches of Minjiang River, China. **Ecological Modeling**, v. 192, p. 175 – 187, 2006.

LIMA, L. C., MORAIS, J. O. SOUZA, M. J. N. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: UNECE, 2000.

MALTBY, L. **The UNEP/SETAC life cycle initiative**. Praga: SETAC, 2002, 5 p.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. Nova York: John Wiley & Sons, 1999.

MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A. M. C. *et al.* (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Documento 70. São Paulo: Instituto Agronômico de Campinas, p. 53 – 76, 2002.

MATTSON, B.; CEDERBERG, C.; BLIX, L. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 283-292, 2000.

METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L.; LEEMANS, R.; SCHOTER, D. The vulnerability of ecosystems services to land use change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 2006.

MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (MA). **Aptidão agrícola das terras do Ceará**. Brasília: MMA/SUPLAN, 1979.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Agricultura Sustentável**. Brasília: MMA, 2000, 57p.

_____. **Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira**: relatório de atividades. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002a. 73 p.

_____. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002b. 404 p.

_____. **Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação**. 2004. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812> > . Acesso em: < 15/01/2008 >.

_____. **Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. 2006. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=3812> > . Acesso em: < 15/01/2008 >.

MONTEIRO, R. C.; RODRIGUES, G. S. A system of integrated indicators for social-environmental assessment and eco-certification in agriculture – AMBITEC-AGRO. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 1, n. 3, 2006.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NIGGE, K. M. **Life Cycle Assessment of Natural Gas Vehicles: Development and Application of site dependent impact indicators**. Berlin: Springer-Verlag, 2000.

NEMECEK, T.; RICHTHOFEN, J. S.; DUBOIS, G.; CASTA, P.; CHARLES, R. PAHL, H. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. **European Journal of Agronomy**, v. 28, p. 380-393, 2008.

NEMECEK, T.; Erzinger, S. Modeling Representative Life Cycle Inventories for Swiss Arable Crops. **International Journal of LCA**, v. 10, n. 1, p. 1 – 9, 2005.

NUNES, M. U. C. Fibra e pó da casca de coco: produtos de grande importância para a indústria e a agricultura. In: ARAGÃO, W. M. *Coco Pós-Colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 9, p. 66 – 71.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Organization for Cooperation and Development Core set of indicators for sustainable performance reviews. **A synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Paris: OECD, 1993.

_____. **Policy Brief, sustainable development: a renewed effort by the OECD**. Paris: OECD, 1998.

_____. **OECD Agri-biodiversity indicators: background paper**. Paris: OECD, 2001.

_____. **Aggregated environmental indices: review of aggregation methodologies in use**. Paris: OECD, 2002a.

_____. Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais. **Série Cadernos de Referência Ambiental**, v. 9. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002b.

_____. **Manual Oslo**: Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 1997 [tradução realizada pela FINEP em 2004]. Disponível em: <<http://www.finep.org.br>> . Acesso em 20/09/2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Programme for the further implementation of Agenda 21**. 1997. Disponível em: <www.un.org/documents/ga/res/spec/aress19-2.htm>. Acesso em: 01/12/2006.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

PENNINGTON, D. W.; POTTING, J.; FINNVEDEN, G.; LINDEIJER, E.; JOLLIET, O.; RYDBERG, T.; REBITZER, G. Life Cycle Assessment Part 2: Current impact assessment practice. **Environmental International**, v. 30, p. 721-739, 2004.

PESSOA, L. T. G.; CARVALHO, D. D.; PEREIRA JUNIOR, N. Transgênicos e indicadores ambientais. **Engenharia Ambiental** – Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 2, jul/dez 2006. p. 86 – 106.

PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINE, V. L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. **Software AGROSCRE - Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos**. Boletim de Pesquisa 26. Jaguariúna: São Paulo, 2004. 24p.

POTTING, J.; SCHOPP, W.; BLOK, K.; HAUSCHILD, M. Comparison of the acidifying impact from emissions with different regional origins in life-cycle assessment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 61, p. 155-162, 1998.

POTTING, J.; HAUSCHILD, M. **Background for spatial differentiation in LCA impact assessment - The EDIP2003 methodology**. 2005. Disponível em: <www2.mst.dk/Udgiv/publications/2005/87-7614-581-6/pdf/87-7614-582-4.pdf> Acesso em: 10 Outubro 2008.

PRESCOTT-ALLEN, R. **Barometer of sustainability: measuring and communicating wellbeing and sustainable development**. IUCN, 1997.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1984.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1289 – 1303, 2000.

REAP, J.; ROMAN, F.; DUNCAN, S.; BRAS, B. A survey of unresolved problems in life cycle assessment: Part 1: goal and scope and inventory analysis. **International Journal of LCA**, v. 13, p. 290 – 300, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, p. 01 – 37, 2002a.

REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, p. 119 – 151, 2002b.

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W. P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D. W. Life Cycle Assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, v. 30, p. 701-720, 2004.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação dos solos: causas e efeitos. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321 – 344, 2005.

ROCHA, E. M. R.; MOTA, F. S. B.; SANTOS, A. B. Análise da composição orgânica do lixiviado gerado em período de estiagem, em aterro sanitário da região metropolitana de Fortaleza, Ceará. In: SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13., 2008, Belém, PA. **Anais**. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de Impactos Ambientais em Projetos de Pesquisa: fundamentos, princípios e introdução à metodologia**. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 1998. 66p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. **Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária: AMBITEC-AGRO**. Documento 34. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema Integrado de Avaliação de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S. Agrotóxicos e contaminação ambiental no Brasil. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Ed.). **Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2003. Cap. 7, pp. 217-265.

RODRIGUES, G. S.; MOREIRA-VIÑAS, A. An environmental impact assessment system for responsible rural production in Uruguay. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 2. n. 1, p. 42-54, 2007.

RODRIGUES, G. S; RODRIGUES, I. Avaliação de Impactos Ambientais na Agropecuária. In: GEBLER, L. & PALHARES, J. C. P. **Gestão Ambiental na Agropecuária**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007.

ROSA, M. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos, 52)

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process, planning, priority setting, and resource allocation**. McGraw-Hill, 1980.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). **Geo Brasil 2002**. Brasília: IBAMA, 2002.

SCHOTER, D. METZGER, M. J.; CRAMER, W.; LEEMANS, R. Vulnerability assessment – analysing the human-environment system in the face of global environmental change. **ESS Bulletin**, v. 2, n. 2, pp. 11 – 17, 2004.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ (SRH). **Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará**. Fortaleza: SRH, 2004.

SEILER-HAUSMANN, J. D. **Innovation & sustainable development: guiding business innovation towards sustainable development**. 2002. Disponível em: <enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/111/attach/BE2_3018.pdf> Acesso em: 11 Abril 2006.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle**. Circular Técnica No. 163. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1988.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E. CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2003.

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S. *et al.* **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 169 – 213.

SILVA, J. R. C. **Modelagem da erosão e seu controle nas micro-regiões homogêneas do Ceará com base na Equação Universal de Perdas de solo (1ª aproximação)**. Relatório para o CNPq 2001. Fortaleza, 2001.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2004**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2005. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br> >. Acesso em 10 Set 2007.

_____. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2004**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2006. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br> >. Acesso em 10 Set 2007.

SOARES, N. F. F.; GONÇALVES, M. P. J. C. Toxicologia de Alimentos. In: BASTOS, M. S. R. **Ferramentas da Ciência e Tecnologia para a Segurança dos Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/Banco do Nordeste, p. 135-174, 2008.

SONNEMANN, G; CASTELLS, F.; SCHUHMACHER, M. **Integrated life-cycle and risk assessment for industrial processes**. New York: Lewis Publishers, 2004.

SOUSA, S. R., SOARES, S. R., SOUZA, D. M. Normalização em análise do ciclo de vida de produtos: uma revisão. **Proceedings of the CILCA 2007**. São Paulo, 26 a 28, 2007.

SOUZA, D. M., SOARES, S. R., SOUSA, S. R. A life cycle impact assessment method for the Brazilian context. **Proceedings of the CILCA 2007**. São Paulo, 26 a 28, 2007.

STEEN, B. **A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – General system characteristics**. 1999. Disponível em: < msl1.mit.edu/ind_eco/sslinks/links.php?go=20 > Acesso em: 10 Outubro de 2008.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Rede Hidroclimática do Nordeste (1963 – 1973)**. Disponível em: < <http://pageservernt.sudene.gov.br/ixpress/pluviometria/plv/index.dml> >. Acesso em: 03/01/2008.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO CEARÁ (SEMACE). **Unidades de Conservação no Ceará**. Disponível em: < <http://www.semace.ce.gov.br> > Acesso em: < 20/02/2008 >.

TIXIER, J.; DANDRIEUX, A.; DUSSERE, G.; BUBBICO, R.; MAZAROTTA, B.; SILVETTI, B.; HUBERT, E.; RODRIGUES, N.; SALVI, O. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. **Journal of Hazardous Materials**, 2005.

TOMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental**. São Paulo: CETESB, 1993.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TRAN, L. T. KNIGHT, C. G.; O'NEILL R.; SMITH, E. R.; RIITERS, K. H; WICKHAM, J. Environmental assessment: fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic region. **Environmental Management**, v. 29, n. 6, 2002.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**. São Carlos: Rima, IIE, 2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). Evaluation of environmental impacts in life cycle assessment. **Meeting Report Brussels**, 29-30 November 1998 e Brighton, 25-26 May 2000. Paris: UNEP, 2000.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). *Aprendiendo a luchar contra la desertificación*. França: UNESCO, 1997.

VILLA, F.; McLEOD, H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental management**, v. 29, n. 3, 2002.

VIEIRA, V. P. P. B. **A água e o desenvolvimento sustentável no nordeste**. Brasília: IPEA, 2000.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de risco em recursos hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

VIGLIZZO, E. F. ; FRANK, F.; BERNARDOS, J.; BUSCHIAZZO, D. E.; CABO, S. A rapid method for assessing the environmental performance of commercial farms in the pampas of Argentina. **Environmental monitoring and assessment**, v. 117, n.1-3, p. 109-134, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

ZIELINSKI, J. **Watershed vulnerability analysis**. Center for Watershed Protection. 2002. Disponível em: <www.cwp.org>. Acesso em: 11/04/2006.

WEIDEMA, B. P.; LINDEIJER, E. **Physical impacts of land use in product life cycle assessment**. 2001. Disponível em: <www.lca-net.com/files/gaps9.pdf>. Acesso em: 10 Outubro 2008.

WORLD BUSINESS COMMISSION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **The business case for sustainable development**. Making a difference toward the Johannesburg Summit 2002 and beyond. Suíça, Setembro, 2001.

WOOD, S.; SEBASTIAN, K.; SCHERR, S. **Pilot analysis of global ecosystems: agroecosystems**. Washington, D.C.: IFPRI: WRI, 2000. 110 p.

APÊNDICE A – Questionário utilizado no levantamento dos dados

Nome da Empresa:
Pessoa de Contato:
Telefone:
E-mail:
Endereço:
Município:
Data da coleta de dados:
Coordenadas UTM: X: Y:

Tecnologia em estudo:
Etapa do ciclo de vida:
Data de início de operação:
Referência para o levantamento dos dados - Tempo de produção: - Quantidade de produto gerado no levantamento (kg):

PROCESSO DE PRODUÇÃO:

CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO? (S/N)	Unidade de Medida utilizada	Valor
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais			
	1.2 Quantidade de material perigoso			
	1.3 Quantidade de material não renovável			
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado			
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica			
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis			
	3.2 Quantidade de combustível fóssil			
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo			
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo			
	4.2 Volume de água não reutilizado			
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada			
	5.2 Área recuperada			
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes			
	6.2 Quantidade de micronutrientes			
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade			
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil			
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo			

CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO? (S/N)	Unidade de Medida utilizada	Valor
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos			
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos			
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso			
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável			
12. EROÇÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto			
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização			
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação			
	13.2 Sodicidade da água de irrigação			
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada			
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado			
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO			
	15.2 Carga de DQO			
	15.3 Carga de SST			
	15.4 Carga de NT			
	15.5 Carga de FT			
	15.6 Carga de Óleos e graxas			
	15.7 CE			
	15.8 Volume do efluente não reutilizado			
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado			
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada			

APÊNDICE B – Tabela com os valores de cada indicador utilizados na análise de sensibilidade do modelo

Critério	Indicador	Tecnologia	Valores iniciais		Caso 1: Valor da Inovação=VM +/- 10%						Caso 2: Valor da Inovação=VM +/- 50%						Caso 3: Valor da Inovação=0							
			Valor Médio (VM)	Índice de Desempenho Final	Índice de Desempenho VM - 10%	Índice de Desempenho Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade VM + 10%	Índice de Desempenho o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade de	Índice de Desempenh o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade de	VM + 50% o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade	VM para 0 o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade de				
1. Consumo de materiais	1.1 Quantidade total de materiais	Inovação	20,77	81,01	18,69	81,15	0,0018	0,0181	22,85	80,89	-0,0015	-0,0148	10,39	81,16	0,0019	0,0038	31,16	80,57	-0,0054	-0,0108	0	81,16	0,0019	0,0038
		Tecnologia existente	18,59	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,19	-0,0074	-0,0148		87,84	0,0000	0,0000		86,37	-0,0167	-0,0335
		<i>total</i>						0,0181				0,0148			0,0186				0,0108				0,0373	
	1.2 Quantidade de material perigoso	Inovação	10	81,01	9,00	81,01	0,0000	0,0000	11,00	81,01	0,0000	0,0000	5,00	81,01	0,0000	0,0000	15,00	81,01	0,0000	0,0000	0	82,48	0,0182	0,0363
		Tecnologia existente	0	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		<i>total</i>						0,0000				0,0000			0,0000				0,0000				0,0363	
	1.3 Quantidade de material não renovável	Inovação	0,5	81,01	0,45	81,01	0,0000	0,0000	0,55	81,01	0,0000	0,0000	0,25	81,01	0,0000	0,0000	0,75	81,01	0,0000	0,0000	0	82,48	0,0182	0,0363
		Tecnologia existente	0	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		<i>total</i>						0,0000				0,0000			0,0000				0,0000				0,0363	
	1.4 Quantidade de material não reciclado/reutilizado	Inovação	0	81,01	0,009	81,01	0,0000	0,0002	0,011	81,01	0,0000	0,0002	0,005	81,01	0,0000	0,0000	0,015	81,01	0,0000	0,0000	0	81,01	0,0000	0,0000
		Tecnologia existente	11,26	87,84		87,84	0,0000	0,0001		87,84	0,0000	0,0002		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		<i>total</i>						0,0003				0,0004			0,0001				0,0000				0,0000	
2. Consumo de energia elétrica	2.1 Quantidade total de energia elétrica	Inovação	0,71	81,01	0,64	81,49	0,0060	0,0597	0,78	80,61	-0,0049	-0,0489	0,36	82,54	0,0189	0,0378	1,07	79,56	-0,0179	-0,0358	0	82,54	0,0189	0,0378
		Tecnologia existente	0,53	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		85,93	-0,0217	-0,0434		87,84	0,0000	0,0000		81,95	-0,0670	-0,1339
	<i>total</i>						0,0597				0,0489			0,0812				0,0358				0,1717		
3. Consumo de combustíveis	3.1 Quantidade total de combustíveis	Inovação	0,0033	81,01	0,0030	81,09	0,0010	0,0105	0,0036	80,84	-0,0021	-0,0211	0,0017	81,09	0,0010	0,0021	0,005	80,38	-0,0077	-0,0154	0	81,09	0,0010	0,0021
		Tecnologia existente	0,0032	87,84		87,72	-0,0013	-0,0133		87,84	0,0000	0,0000		86,90	-0,0107	-0,0213		87,84	0,0000	0,0000		85,88	-0,0223	-0,0446
		<i>total</i>						0,0237				0,0211			0,0234				0,0154				0,0467	
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	Inovação	0,0033	81,01	0,0030	81,09	0,0010	0,0105	0,0036	80,84	-0,0021	-0,0211	0,00	81,09	0,0010	0,0021	0,00	80,38	-0,0077	-0,0154	0	81,09	0,0010	0,0021
		Tecnologia existente	0,0032	87,84		87,72	-0,0013	-0,0133		87,84	0,0000	0,0000		86,90	-0,0107	-0,0213		87,84	0,0000	0,0000		85,88	-0,0223	-0,0446
		<i>total</i>						0,0237				0,0211			0,0234				0,0154				0,0467	
3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	Inovação	0,0033	81,01	0,003	81,09	0,0010	0,0105	0,004	80,84	-0,0021	-0,0211	0,00	81,09	0,0010	0,0021	0,00	80,38	-0,0077	-0,0154	0	81,09	0,0010	0,0021	
	Tecnologia existente	0,0032	87,84		87,72	-0,0013	-0,0133		87,84	0,0000	0,0000		86,90	-0,0107	-0,0213		87,84	0,0000	0,0000		85,88	-0,0223	-0,0446	
	<i>total</i>						0,0237				0,0211			0,0234				0,0154				0,0467		
4. Consumo de água	4.1 Volume total de água	Inovação	171,34	81,01	154,21	81,18	0,0021	0,0212	188,48	80,87	-0,0017	-0,0173	85,67	82,40	0,0172	0,0345	257,02	80,49	-0,0064	-0,0127	0	82,40	0,0172	0,0345
		Tecnologia existente	89,94	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,70	-0,0016	-0,0032		87,84	0,0000	0,0000		84,89	-0,0335	-0,0670
	<i>total</i>						0,0212				0,0173			0,0377				0,0127				0,1015		

Critério	Indicador	Tecnologia	Valores iniciais		Caso 1: Valor da Inovação=VM +/- 10%							Caso 2: Valor da Inovação=VM +/- 50%							Caso 3: Valor da Inovação=0					
			Valor Médio (VM)	Índice de Desempenho Final	Índice de Desempenho VM - 10% Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade VM + 10% o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade de	Índice de Desempenho VM - 50% o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade de	Índice de Desempenho VM + 50% o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade	Índice de Desempenho VM para 0 o Final	Variação em relação ao Caso 1 (%)	Índice de Sensibilidade						
	4.2 Volume de água não reutilizado	Inovação Tecnologia existente	0,00	81,01	0,009	78,07	-0,0363	-0,3631	0,011	78,07	-0,0363	-0,3631	0,005	78,07	-0,0363	-0,0726	0,015	78,07	-0,0363	-0,0726	0	81,01	0,0000	0,0000
			0,00	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,3631				0,3631			0,0726			0,0726					0,0000		
5. Gestão da cobertura vegetal	5.1 Área desmatada	Inovação Tecnologia existente	0,25	81,01	0,22	81,19	0,0023	0,0227	0,27	80,82	-0,0023	-0,0232	0,12	82,09	0,0133	0,0267	0,37	80,37	-0,0078	-0,0156	0	82,09	0,0133	0,0267
			0,16	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,25	-0,0067	-0,0134		87,84	0,0000	0,0000		84,89	-0,0335	-0,0670
		total					0,0227				0,0232			0,0401			0,0156					0,0937		
	5.2 Área recuperada	Inovação Tecnologia existente	0,85	81,01	0,76	81,01	0,0000	0,0000	0,93	81,01	0,0000	0,0000	0,42	81,01	0,0000	0,0000	1,27	81,01	0,0000	0,0000	0	78,07	-0,0363	-0,0726
			0	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,0000				0,0000			0,0000			0,0000					0,0726		
6. Consumo de fertilizante	6.1 Macronutrientes	Inovação Tecnologia existente	33,84	81,01	30,46	81,26	0,0032	0,0316	37,23	80,80	-0,0026	-0,0259	16,92	81,64	0,0078	0,0157	50,77	80,24	-0,0095	-0,0190	0	81,64	0,0078	0,0157
			26,54	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		86,77	-0,0121	-0,0243		87,84	0,0000	0,0000		84,89	-0,0335	-0,0670
		total					0,0316				0,0259			0,0399			0,0190					0,0826		
	6.2 Micronutrientes	Inovação Tecnologia existente	0,18	81,01	0,16	81,24	0,0028	0,0282	0,19	80,82	-0,0023	-0,0231	0,09	81,89	0,0109	0,0219	0,27	80,32	-0,0085	-0,0169	0	81,89	0,0109	0,0219
			0,12	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,00	-0,0095	-0,0191		87,84	0,0000	0,0000		84,89	-0,0335	-0,0670
		total					0,0282				0,0231			0,0409			0,0169					0,0888		
7. Consumo de agrotóxico	7.1 Quantidade - Classe I	Inovação Tecnologia existente	0,025	81,01	0,023	81,02	0,0002	0,0019	0,028	80,99	-0,0002	-0,0018	0,013	81,08	0,0009	0,0019	0,038	80,93	-0,0009	-0,0018	0	81,16	0,0019	0,0039
			0,015	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,0019				0,0018			0,0019			0,0018					0,0039		
	7.1 Quantidade - Classe II	Inovação Tecnologia existente	0,08	81,01	0,07	81,04	0,0005	0,0045	0,09	80,97	-0,0004	-0,0044	0,04	81,20	0,0024	0,0047	0,12	80,83	-0,0021	-0,0043	0	81,41	0,0050	0,0099
			0,05	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,0045				0,0044			0,0047			0,0043					0,0099		
	7.1 Quantidade - Classe III	Inovação Tecnologia existente	0,93	81,01	0,84	81,31	0,0037	0,0373	1,02	80,75	-0,0032	-0,0321	0,47	83,12	0,0261	0,0522	1,40	79,99	-0,0126	-0,0252	0	83,12	0,0261	0,0522
			0,57	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,73	-0,0012	-0,0024		87,84	0,0000	0,0000		84,32	-0,0400	-0,0800
		total					0,0373				0,0321			0,0546			0,0252					0,1322		
	7.1 Quantidade - Classe IV	Inovação Tecnologia existente	0,31	81,01	0,27	81,05	0,0006	0,0057	0,34	80,96	-0,0006	-0,0056	0,15	81,25	0,0030	0,0060	0,46	80,79	-0,0027	-0,0053	0	81,53	0,0064	0,0129
			0,25	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,0057				0,0056			0,0060			0,0053					0,0129		
8. Durabilidade do produto	8.1 Vida útil	Inovação Tecnologia existente	50	81,01	45,00	80,76	-0,0030	-0,0303	55,00	81,25	0,0030	0,0303	25,00	79,78	-0,0151	-0,0303	75,00	82,23	0,0151	0,0303	0	78,56	-0,0303	-0,0605
			120	87,84		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000		87,84	0,0000	0,0000
		total					0,0303				0,0303			0,0303			0,0303					0,0605		
9. Uso de OGM	9.1 Classe de risco do organismo	Inovação Tecnologia existente	2	81,01	1,80	81,01	0,0000	0,0000	2,20	80,47	-0,0066	-0,0660	1,00	81,01	0,0000	0,0000	3,00	79,05	-0,0242	-0,0484				
			2	87,84		87,25	-0,0067	-0,0670		87,84	0,0000	0,0000		84,89	-0,0335	-0,0670		87,84	0,0000	0,0000				
		total					0,0670				0,0660			0,0670			0,0484					0,0000		

Critério	Indicador	Tecnologia	Valores iniciais		Caso 1: Valor da Inovação=VM +/- 10%							Caso 2: Valor da Inovação=VM +/- 50%							Caso 3: Valor da Inovação=0					
			Valor Médio (VM)	Índice de Desempenho Final	Variação em relação ao Caso 1			Variação em relação ao Caso 1			Variação em relação ao Caso 1			Variação em relação ao Caso 1			Variação em relação ao Caso 1		Variação em relação ao Caso 1					
					Índice de Desempenho	VM - 10%	Final	(%)	Índice de Sensibilidade	VM + 10%	o Final	(%)	Índice de Sensibilidade	VM - 50%	o Final	(%)	Índice de Sensibilidade	VM + 50%	o Final	(%)	Índice de Sensibilidade	VM para 0	o Final	(%)
15. Geração de efluentes	15.1 Carga de DBO	Inovação	201,48	81,01	181,33	81,05	0,0005	0,0050	221,63	80,98	-0,0004	-0,0040	100,74	81,36	0,0044	0,0088	302,22	80,89	-0,0015	-0,0029	0	81,39	0,0047	0,0093
		Tecnologia existente	97,89	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167		
		total						0,0050				0,0040			0,0088				0,0029			0,0261		
	15.2 Carga de DQO	Inovação	311,41	81,01	280,27	81,04	0,0005	0,0046	342,55	80,98	-0,0004	-0,0037	155,71	81,34	0,0041	0,0082	467,12	80,90	-0,0014	-0,0027	0	81,41	0,0050	0,0099
		Tecnologia existente	141,32	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167		
		total						0,0046				0,0037			0,0082				0,0027			0,0267		
	15.3 Carga de SST	Inovação	35,59	81,01	32,03	81,04	0,0004	0,0042	39,15	80,98	-0,0003	-0,0034	17,79	81,31	0,0038	0,0075	53,38	80,91	-0,0012	-0,0025	0	81,44	0,0053	0,0106
		Tecnologia existente	14,76	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167		
		total						0,0042				0,0034			0,0075				0,0025			0,0274		
	15.4 Carga de NTK	Inovação	0,60	81,01	0,54	81,01	0,0000	0,0001	0,66	81,01	0,0000	0,0001	0,30	81,01	0,0000	0,0000	0,90	80,84	-0,0020	-0,0040	0	81,01	0,0000	0,0000
		Tecnologia existente	0,7	87,84	87,77	-0,0007	-0,0072	87,90	0,0007	0,0072	87,52	-0,0036	-0,0072	87,94	0,0012	0,0024	87,21	-0,0072	-0,0144					
		total						0,0072				0,0072			0,0064				0,0144			0,0144		
15.5 Carga de FT	Inovação	0,84	81,01	0,76	81,08	0,0009	0,0091	0,92	80,95	-0,0007	-0,0070	0,42	81,10	0,0011	0,0022	1,26	80,79	-0,0026	-0,0053	0	81,10	0,0011	0,0022	
	Tecnologia existente	0,74	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,52	-0,0036	-0,0072	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167						
	total						0,0091				0,0070			0,0053				0,0189			0,0189			
15.6 Carga de OG	Inovação	2,56	81,01	2,30	81,03	0,0002	0,0023	2,82	81,00	-0,0002	-0,0015	1,28	81,16	0,0019	0,0038	3,84	80,96	-0,0006	-0,0012	0	81,59	0,0072	0,0144	
	Tecnologia existente	0,54	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167			
	total						0,0023				0,0015			0,0038				0,0012			0,0311			
15.7 CE	Inovação	1,53	81,01	1,38	81,05	0,0005	0,0048	1,68	80,98	-0,0004	-0,0035	0,77	81,34	0,0041	0,0082	2,30	80,90	-0,0013	-0,0027	0	81,41	0,0050	0,0100	
	Tecnologia existente	0,69	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167			
	total						0,0048				0,0035			0,0082				0,0027			0,0268			
15.8 Volume do efluente não reutilizado	Inovação	60,16	81,01	54,14	81,05	0,0005	0,0047	66,18	80,98	-0,0003	-0,0035	30,08	81,34	0,0041	0,0082	90,24	80,90	-0,0013	-0,0027	0	81,41	0,0050	0,0101	
	Tecnologia existente	26,99	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,10	-0,0084	-0,0167			
	total						0,0047				0,0035			0,0082				0,0027			0,0268			
16. Aterramento de residuo orgânico	16.1 Quantidade de residuo orgânico aterrado	Inovação	0	81,01	0,009	81,01	0,0000	0,0002	0,011	81,01	0,0000	0,0002	0,005	81,01	0,0000	0,0000	0,015	81,01	0,0000	0,0000	0	81,01	0,0000	0,0000
		Tecnologia existente	17,68	87,84	87,84	0,0000	0,0003	87,84	0,0000	0,0004	87,84	0,0000	0,0004	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0001	0,0001	87,84	0,0000	0,0000		
	total						0,0005				0,0006			0,0001				0,0002			0,0000			
17. Irrigação por inundação	17.1 Área agrícola irrigada inundada	Inovação	0	81,01	0,009	75,13	-0,0726	-0,7259	0,011	75,13	-0,0726	-0,7259	0,005	75,13	-0,0726	-0,1452	0,015	75,13	-0,0726	-0,1452	0	81,01	0,0000	0,0000
		Tecnologia existente	0	87,84	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000	87,84	0,0000	0,0000		
	total						0,7259				0,7259			0,1452				0,1452			0,0000			

APÊNDICE C - Entrada e saída de dados na avaliação de desempenho ambiental

O arquivo “Desempenho_ambiental.xls” utiliza seis planilhas:

- planilha **1 “Dados gerais”**, onde devem ser inseridos nos espaços em branco os seguintes dados utilizados pelas demais planilhas: nome da inovação e da tecnologia de comparação; as etapas do ciclo de vida das tecnologias que serão avaliadas, com a indicação das unidades produtivas ou de descarte utilizadas na coleta de dados; a função e unidade funcional utilizada no estudo comparativo entre tecnologias; o fluxo de referência, ou seja, a produção em cada etapa do ciclo de vida das tecnologias, necessária para atender a medida estabelecida na unidade funcional, e; os nomes de cada bacia hidrográfica onde as unidades produtivas e de descarte analisadas estão localizadas com seus respectivos índices de vulnerabilidade ambiental (Figura 104).
- planilha **2 “Matéria-prima”**, onde é feita a análise da etapa de produção ou descarte da matéria-prima utilizada pela inovação ou tecnologia existente;
- planilha **3 “Produção”**, onde é feita a análise da etapa de produção das tecnologias em estudo;
- planilha **4 “Uso”**, onde é feita a análise da etapa de uso das tecnologias;
- planilha **5 “Descarte final”**, onde é conduzida a análise da etapa de descarte final das tecnologias;
- planilha **6 “Desempenho final”**, onde são apresentados os resultados finais do estudo ao longo do ciclo de vida.

As **planilhas 2 a 5** são organizadas em quatro itens:

- o primeiro, “**Levantamento de campo**”, requer a entrada, nos espaços em branco, da massa de produção utilizada no levantamento de campo, que não necessariamente é a mesma necessária à unidade funcional (Figura 105). Essa informação permite realizar o ajuste dos indicadores para a unidade funcional estabelecida;

DADOS GERAIS

1. Tecnologias avaliadas

INOVAÇÃO:	Substrato de coco verde - SCV
TECNOLOGIA COMPARAÇÃO:	Substrato de coco seco - SCS

2. Função e Unidade Funcional

Função da Inovação:	Suporte físico ao enraizamento de roseiras para a produção de rosas
Unidade Funcional adotada:	Suporte físico à produção de uma rosa comercializável da variedade Salmone

3. Etapas do ciclo de vida e unidades produtivas e de descarte de resíduos utilizadas no levantamento dos dados

Tecnologias	ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3 - Uso na produção de rosas	ETAPA 4 - Descarte final
Substrato de coco verde - SCV	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Uso do SCV na produção de rosas Salmone - Cearosa	Descarte do SCV utilizado na produção de rosas Salmone - Cearosa
Substrato de coco seco - SCS	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	Produção do SCS - Recicasco	Uso do SCS na produção de rosas Salmone - Cearosa	Descarte do SCS utilizado na produção das rosas Salmone - Cearosa

4. Fluxo de referência dos valores de produção para atender a Unidade Funcional ao longo do ciclo de vida

Tecnologias	ETAPA 1 - Matéria-prima (Kg de cascas descartadas)	ETAPA 2 - Produção (Kg de substrato produzido)	ETAPA 3 - Uso na produção de rosas (número de rosas Salmone comercializáveis)	ETAPA 4 - Descarte final (número de rosas Salmone com substrato descartado)
Substrato de coco verde - SCV	5,00	3,20	1	1
Substrato de coco seco - SCS	15,00	2,40	1	1

4. Vulnerabilidade das bacias hidrográficas

Tecnologias	Vulnerabilidade ambiental	ETAPA 1 - Matéria-prima	ETAPA 2 - Produção	ETAPA 3 - Uso	ETAPA 4 - Descarte final
Substrato de coco verde - SCV	Bacia	Metropolitana (CE)	Metropolitana (CE)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
	Índice Final de Vulnerabilidade	1,57	1,57	1,55	1,55
Substrato de coco seco - SCS	Bacia	Litoral (CE)	Baixo Mundaú (AL)	Parnaíba (CE)	Parnaíba (CE)
	Índice Final de Vulnerabilidade	1,55	1,52	1,55	1,55

FIGURA 104 - Planilha 1 “Dados Gerais”, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchida com um exemplo

Levantamento de campo				
Tecnologias	Quantidade de mudas utilizadas no levantamento (unidades)	Tempo de levantamento (mês)	Vulnerabilidade da bacia hidrográfica	Quantidade de mudas para a unidade funcional (unidades)
INOVAÇÃO	225,00	1,00	1,55	1,00
TEC COMPARADA	415,00	1,00	1,55	1,00

FIGURA 105 – Item “1. Levantamento de campo” das Planilhas 2 a 5 , do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo

- o segundo item se subdivide em dois: “**Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental**” (Figura 106), onde se devem informar, nos espaços em branco, o uso ou não de cada indicador (“S” para uso e “N” para não uso), e “**Listagem dos princípios de desempenho ambiental**” (Figura 107). Nesses subitens, apresentam-se os pesos utilizados para os indicadores na composição dos critérios, para os critérios na formação dos princípios e na formação do índice de desempenho ambiental da etapa, considerando-se que todos os indicadores têm mesma importância e peso, para um critério. Entretanto, esses pesos podem ser alterados, sendo o peso atribuído utilizado tanto na avaliação de desempenho de uma inovação como de uma tecnologia existente. Caso o indicador, critério ou princípio não seja utilizado, deve-se inserir um “x” no local onde havia um valor para o peso;
- o terceiro item, “**Entrada de dados dos indicadores, por critério de desempenho ambiental**”, possui quadros para entrada dos dados, nos espaços em branco, levantados em campo, para cada indicador (Figura 108). Caso o indicador não seja utilizado na análise, deve-se inserir “x” no local reservado para a entrada do seu valor. O ajuste desses valores de entrada de cada indicador à unidade funcional, sua ponderação pelo índice de vulnerabilidade da bacia, sua normalização para uma unidade adimensional numa escala de 0 a 100 e sua agregação na composição dos critérios são ações realizadas automaticamente nos quadros;
- o último item, “**Resultados da Etapa**”, apresenta o resultado da avaliação de desempenho de uma etapa, mostrando os resultados por: indicador e critério (Figura 109) e critério (Figura 110), no subitem “**Resultados por indicador e critério**”; princípio e critério (Figura 111) e princípio (Figura 112), no subitem “**Resultados por princípio**”; índice de desempenho da etapa (Figura 113), no subitem “**Índice de Desempenho Ambiental Final**”.

A **planilha 6**, “Desempenho Final”, apresenta o resultado final da avaliação de desempenho, considerando as quatro etapas do ciclo de vida, estando organizada em três itens:

- o primeiro item contém uma listagem dos indicadores de desempenho ambiental, por critério (“**Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental**”) (Figura 106) e uma listagem dos princípios de desempenho (“**Listagem dos princípios de desempenho ambiental**”) (Figura 107), com seus respectivos critérios. Devem ser inseridos dados sobre o uso ou não de cada indicador em alguma etapa do ciclo de vida (“S” para uso e “N” para não uso), assim como seu peso, o peso dos critérios na formação dos princípios e dos princípios na formação do índice de desempenho ambiental final, nos espaços em branco. Caso o indicador, critério ou princípio não seja utilizado, deve-se inserir um “x” no local onde havia um valor para o peso. Originalmente, a planilha considera que todos os indicadores são utilizados e que os indicadores, critérios e princípios possuem igual importância e peso;
- o item “**Indicadores agregados**” mostra, para cada indicador, seu valor agregado ao longo do ciclo de vida, podendo esse valor representar a soma ou a média, de acordo com cada tipo de indicador, conforme definido no item “4.2.4.1 Agregação dos valores dos indicadores de cada etapa em indicadores finais”. Também são apresentados os valores normalizados de cada indicador e o resultado da agregação dos mesmos em critérios (Figura 114);
- no item “**Resultados da análise de ciclo de vida**” são apresentados os seguintes resultados da avaliação final: por indicador e critério (Figura 109) e por critério (Figura 110), no subitem “**Resultados por indicador e critério**”; por princípio e critério (Figura 111) e por princípio (Figura 112), no subitem “**Resultados por princípio**”; por índice de desempenho final (Figura 115), no subitem “**Índice de Desempenho Ambiental Final**”, e; por etapa do ciclo de vida (Figura 116), no item “**Resumo da Avaliação do Desempenho Ambiental de tecnologias ao longo do ciclo de vida**”.

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NOS ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,06
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1,00	0,06
soma=			1	
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,06
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,50	0,06
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,50	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA	5.1 Área desmatada	S	0,50	0,06
	5.2 Área recuperada	S	0,50	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	S	0,50	0,06
	6.2 Quantidade de micronutrientes	S	0,50	
soma=			1	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	S	1,00	0,06
soma=			1	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	S	1,00	0,06
soma=			1,00	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	S	1,00	0,06
soma=			1	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	S	1,00	0,06
soma=			1	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,06
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	S	0,50	0,06
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	S	0,50	
soma=			1	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	S	0,50	0,06
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	S	0,50	
soma=			1	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	S	0,50	0,06
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	0,50	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,06
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	S	1,00	0,06
soma=			1	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	S	1,00	0,06
soma=			1	

FIGURA 106 - Entrada de dados do item “Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental” presente nas planilhas 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, com os valores originalmente disponíveis ao usuário do modelo

Listagem dos princípios de desempenho ambiental		
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,14
	2. Consumo de energia elétrica	0,14
	3. Consumo de combustíveis	0,14
	4. Consumo de água	0,14
	5. Gestão da cobertura vegetal	0,14
	6. Consumo de fertilizante	0,14
	7. Consumo de agrotóxico	0,14
soma=		1
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	0,33
	7. Consumo de agrotóxico	0,33
	9. Uso de OGM	0,33
soma=		1
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,17
	11. Geração de resíduo sólido	0,17
	12. Erosão e compactação	0,17
	13. Qualidade da água de irrigação	0,17
	14. Queima de resíduos	0,17
soma=		1
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	0,2
	7. Consumo de agrotóxico	0,2
	15. Geração de efluentes	0,2
	16. Aterramento de resíduo orgânico	0,2
	4. Consumo de água	0,2
soma=		1
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,17
	6. Consumo de fertilizante	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,17
	14. Queima de resíduos	0,17
	16. Aterramento de resíduo orgânico	0,17
	17. Irrigação por inundação	0,17
	soma=	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	0,5
	10. Uso de aditivos em alimentos	0,5
soma=		1

FIGURA 107 – Entrada de dados do item “Listagem dos princípios de desempenho ambiental” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com os pesos originalmente disponíveis ao usuário do modelo

4. CONSUMO DE ÁGUA	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	4.517,95	4.517,95	3.845,20	3.845,20
Valor ajustado pela Unidade Funcional	94,12	94,12	49,2974	49,30
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	145,89	145,89	76,4110	76,41
Desempenho ambiental - INDICADOR	52,38	52,38	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		52,38		100,00

FIGURA 108 – Exemplo do Item “Entrada de dados dos indicadores, por critério de desempenho ambiental” das planilhas 2 a 5, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

4.1 Resultados por indicador e critério		Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	66,39	91,60	100,00	100,00
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		100,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	78,03	78,03	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	100,00		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	100,00		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	52,38	52,38	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	52,38		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	61,54	30,77	100,00	50,00
	5.2 Área recuperada	0,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	78,36	74,13	100,00	100,00
	6.2 Quantidade de micronutrientes	69,90		100,00	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	61,54	61,54	100,00	100,00
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	30,00	30,00	100,00	100,00
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	100,00	100,00	100,00	100,00
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	76,05	79,20	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	61,54		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROSAO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	100,00	100,00	100,00	100,00
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	100,00		100,00	
13. QUALIDADE DA AGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	100,00	100,00	100,00	100,00
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	100,00		100,00	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	100,00	100,00	100,00	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	145.1 Carga de DBO	22,86	43,10	100,00	97,35
	15.2 Carga de DQO	55,55		100,00	
	15.3 Carga de SST	27,71		100,00	
	15.4 Carga de NT	41,63		100,00	
	15.5 Carga de FT	10,39		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	45,64		100,00	
	15.7 CE	100,00		78,82	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	41,05		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	x	x	x	x
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	100,00	100,00	100,00	100,00

FIGURA 109 – Resultados por indicador e critério de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

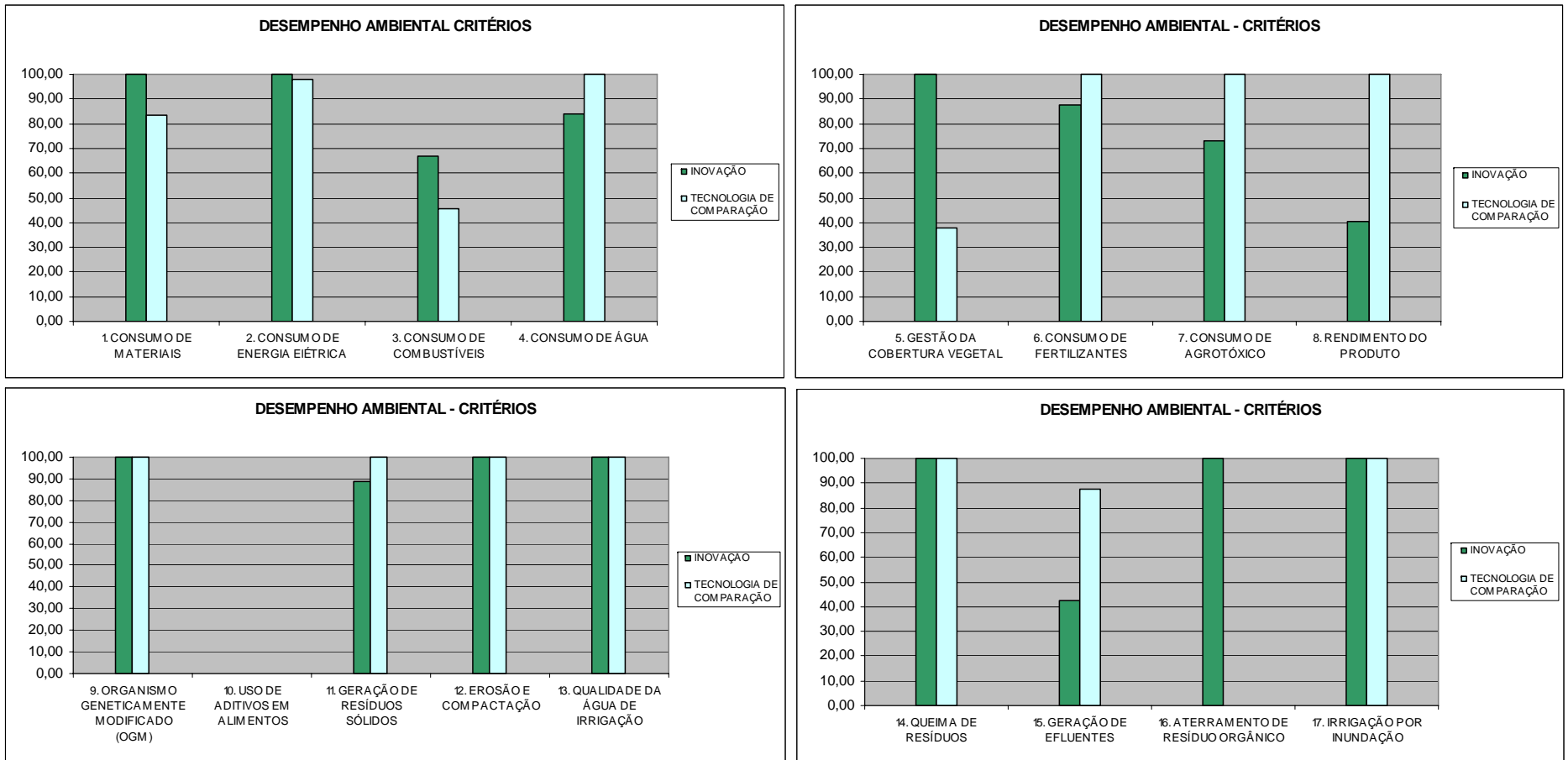


FIGURA 110 – Gráficos mostrando os resultados por critério de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

4.2 Resultados por princípio		Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
Princípio	Critérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	91,60	69,78	100,00	92,86
	2. Consumo de energia elétrica	78,03		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	52,38		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77		50,00	
	6. Consumo de fertilizante	74,13		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77	64,10	50,00	83,33
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	9. Uso de OGM	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	74,13	85,81	100,00	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	11. Geração de resíduo sólido	79,20		100,00	
	12. Erosão e compactação	100,00		100,00	
	13. Qualidade da água de irrigação	100,00		100,00	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	15. Geração de efluentes	43,10		97,35	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	74,13	57,79	100,00	99,3
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	15. Geração de efluentes	43,10		97,35	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
4. Consumo de água	52,38	100,00			
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	100,00	87,13	100,00	100,00
	6. Consumo de fertilizante	74,13		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
	17. Irrigação por inundação	100,00		100,00	
	8. Durabilidade do produto	30,00		30,00	
QUALIDADE DO PRODUTO	10. Uso de aditivos em alimentos	x	x	100,00	100,00

FIGURA 111 – Resultados por princípio e critério de desempenho ambiental para um exemplo, do item “Resultados” das planilhas 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

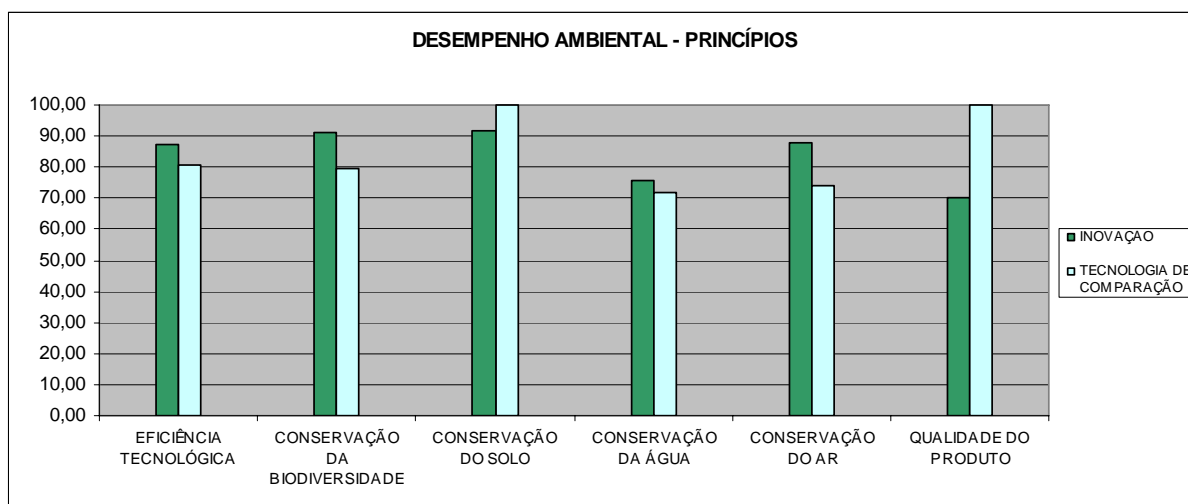


FIGURA 112 – Gráfico mostrando os resultados por princípio de desempenho ambiental de um exemplo, do item “Resultados” das planilhas de 2 a 6 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Desempenho ambiental FINAL - INOVAÇÃO	Desempenho ambiental FINAL - TECNOLOGIA DE COMPARAÇÃO
74,1	88,7

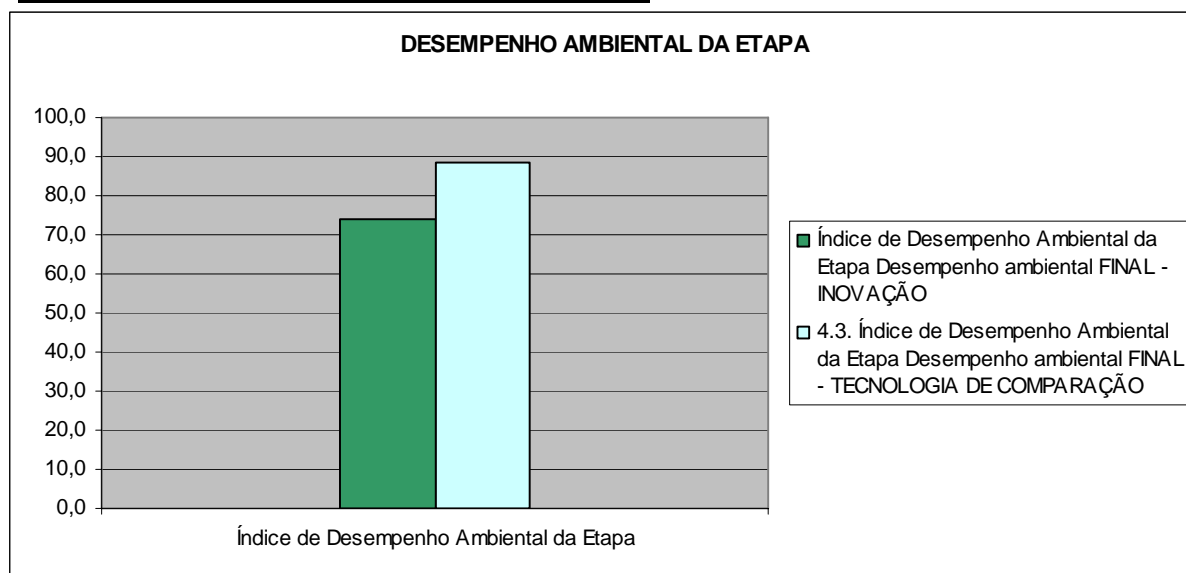


FIGURA 113 –Índice de Desempenho Ambiental de uma Etapa, do item “Resultados” das planilhas 2 a 5 do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo

6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,09	0,00	0,10	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	33,75	0,18	26,45	0,12
Etapa 4 - Descarte final	x	x	x	x
Valor agregado	33,84	0,18	26,54	0,12
Desempenho ambiental - INDICADOR	78,43	69,90	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		74,17		100,00

FIGURA 114 – Indicador com seu valor agregado com valores de um exemplo, do item “Indicadores agregados” da planilha 6, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

Índice de Desempenho Ambiental Final	
INOVAÇÃO	TECNOLOGIA DE COMPARAÇÃO
79,2	85,6

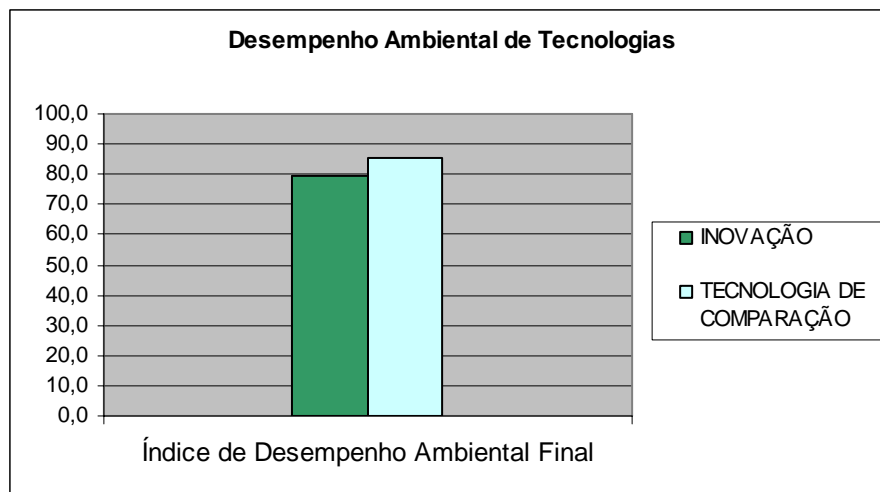


FIGURA 115 –Índice de Desempenho Ambiental Final, ao longo do ciclo de vida, do item “Resultados” da planilha 6 (Desempenho Final), do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”, preenchido com um exemplo

Resumo da Avaliação de Desempenho Ambiental ao longo do ciclo de vida						
Tecnologias	Etapa 1 - MATÉRIA-PRIMA	Etapa 2 - PROCESSAMENTO	Etapa 3a - CONSUMO EM MUDAS	Etapa 3b - CONSUMO EM ROSAS	Etapa 4 - DESCARTE FINAL	RESULTADO FINAL
Substrato de coco VERDE	79,22	49,24	74,08	72,35	65,00	79,2
Substrato de coco SECO	30,24	54,91	88,70	91,98	62,05	85,6

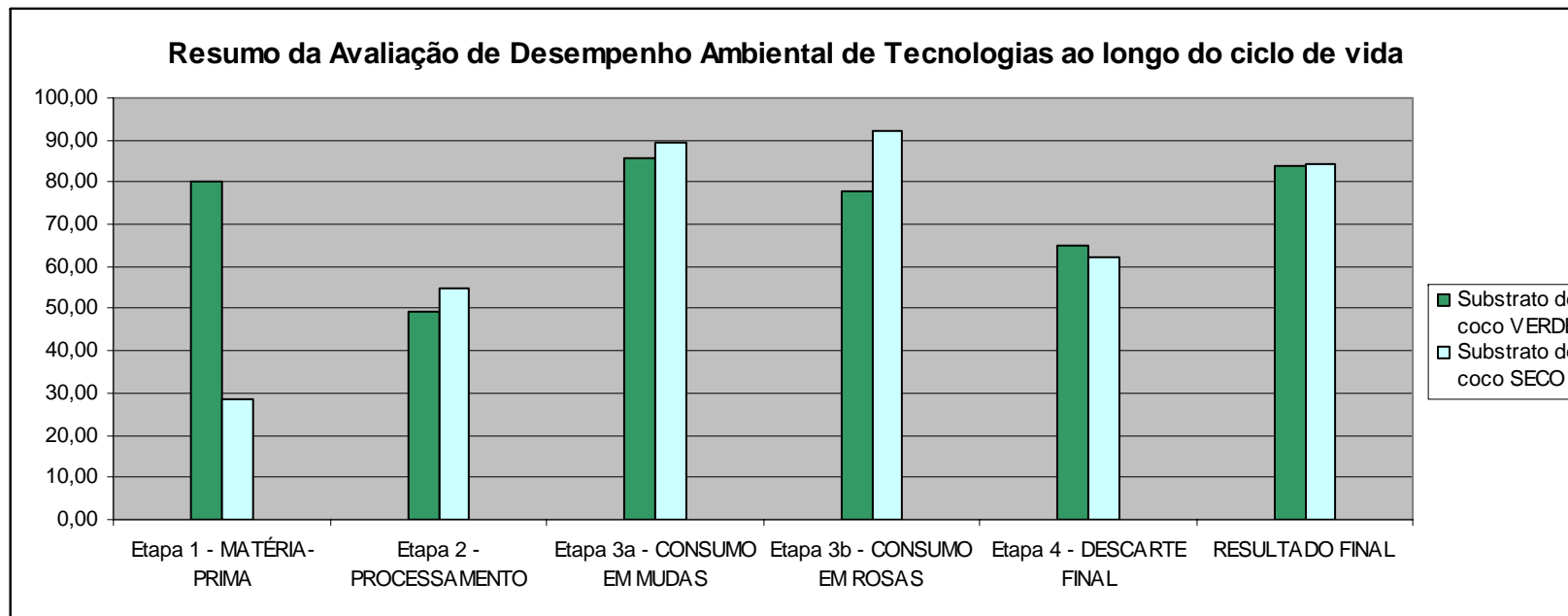


FIGURA 116 - Resumo da avaliação de desempenho ambiental de tecnologias ao longo do ciclo de vida, do item “Resultados” da planilha 6, do arquivo “Desempenho_ambiental.xls”

APÊNDICE D - Entrada e saída de dados na avaliação de vulnerabilidade ambiental de uma bacia hidrográfica

O arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls”, que auxilia na obtenção do Índice de Vulnerabilidade de uma bacia, contém um conjunto de 19 planilhas. Na primeira, “**Dados gerais**”, devem ser inseridas informações sobre o nome da bacia hidrográfica em estudo, Estado onde está situada, sua área, nome dos municípios com sede na bacia e suas respectivas áreas (Figura 117). As 17 planilhas seguintes são relativas a cada um dos indicadores de vulnerabilidade ambiental e nelas devem ser inseridos os valores de cada indicador, nos espaços em branco, gerando-se o valor normalizado da vulnerabilidade do indicador. A Figura 118 mostra um exemplo de planilha para entrada de dados de indicadores. A última planilha, “**Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia**”, apresenta um quadro resumo contendo os pesos de cada indicador e critério utilizados na agregação dos dados (esses valores podem ser alterados pelo usuário) e o valor da vulnerabilidade de cada indicador, dos critérios e do Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia (Figura 119).

Dados Gerais da Bacia Hidrográfica

1. NOME DA BACIA:	Metropolitana
2. ESTADO (s):	Ceará
3. ÁREA (Km2):	15.053,46

4. MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA		
Nome	Área (Km2)	População total (Hab)
Acarape - CE	135,9	12.927
Aquiraz - CE	480,7	60.469
Aracoiaba - CE	625,3	24.064
Aratuba - CE	156,8	12.359
Barreira - CE	227,3	17.024
Baturité - CE	345,8	29.861
Beberibe - CE	1.619,70	42.343
Capistrano - CE	186	15.830
Cascavel - CE	816,8	57.129
Caucaia - CE	1.190,40	250.479
Choró - CE	789,2	12.001
Chorozinho - CE	306,9	18.707
Eusébio - CE	77,7	31.500
Fortaleza - CE	312,4	2.141.402
Guaiúba - CE	270,1	19.884
Guaramiranga - CE	107,1	5.714
Horizonte - CE	191	33.790
Ibaretama - CE	818,7	12.561
Itaitinga - CE	154,6	29.217
Itapiúna - CE	590,3	16.276
Maracanaú - CE	98,1	179.732
Maranguape - CE	651,9	88.135
Mulungu - CE	103,4	8.897
Ocara - CE	771,8	21.584
Pacajus - CE	240,9	44.070
Pacatuba - CE	137,3	51.696
Pacoti - CE	94,1	10.929
Palmácia - CE	150,2	9.859
Paracuru - CE	295,3	27.541
Pindoretama - CE	75,3	14.951
Redenção - CE	239,6	24.993
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	35.608

FIGURA 117 – Planilha “Dados Gerais” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls” preenchida com um exemplo

1.1. Atividade Agropecuária						
Município	Área Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Área Agropecuária - 1996 (Km ²)	Atividade agropecuária na bacia (%)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Acarape - CE	135,9	1,04%	40,84	30%	1,30	0,01
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	119,71	25%	1,25	0,05
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	265,86	43%	1,43	0,07
Aratuba - CE	156,8	1,20%	76,60	49%	1,49	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	149,52	66%	1,66	0,03
Baturité - CE	345,8	2,64%	180,95	52%	1,52	0,04
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	451,10	28%	1,28	0,16
Capistrano - CE	186	1,42%	128,97	69%	1,69	0,02
Cascavel - CE	816,8	6,23%	288,61	35%	1,35	0,08
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	229,41	19%	1,19	0,11
Choró - CE	789,2	6,02%	233,81	30%	1,30	0,08
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	186,98	61%	1,61	0,04
Eusébio - CE	77,7	0,59%	18,58	24%	1,24	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	5,01208	2%	1,02	0,02
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	58,13	22%	1,22	0,03
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	35,17	33%	1,33	0,01
Horizonte - CE	191	1,46%	44,62	23%	1,23	0,02
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	266,79	33%	1,33	0,08
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	36,54	24%	1,24	0,01
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	197,48	33%	1,33	0,06
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	12,99	13%	1,13	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	269,20	41%	1,41	0,07
Mulungu - CE	103,4	0,79%	73,84	71%	1,71	0,01
Ocara - CE	771,8	5,89%	337,27	44%	1,44	0,08
Pacajus - CE	240,9	1,84%	133,35	55%	1,55	0,03
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	37,04	27%	1,27	0,01
Pacoti - CE	94,1	0,72%	63,44	67%	1,67	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	84,11	56%	1,56	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	78,98	27%	1,27	0,03
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	30,71	41%	1,41	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	98,51	41%	1,41	0,03
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	154,71	18%	1,18	0,08
Vulnerabilidade final do indicador	1,33					

FIGURA 118 – Planilha do indicador “1.1 Atividade Agropecuária” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls” preenchida com um exemplo. As planilhas de entrada de dados dos demais indicadores seguem esse padrão

Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia						
Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental		
				Indicadores	Sub-índices	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,33	1,35	1,54
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,09		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,48		
	1.4 Geração de lixo <i>per capita</i>	0,2		1,78		
	1.5 Demanda hídrica <i>per capita</i>	0,2		1,06		
soma de pesos =				1		
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,47	1,61	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,63		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,80		
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,54		
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,63		
soma de pesos =				1		
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,74	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,78		
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,60		
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,65		
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,80		
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		2,00		
	3.7 IDH-M	0,14		1,34		
soma de pesos =				1		

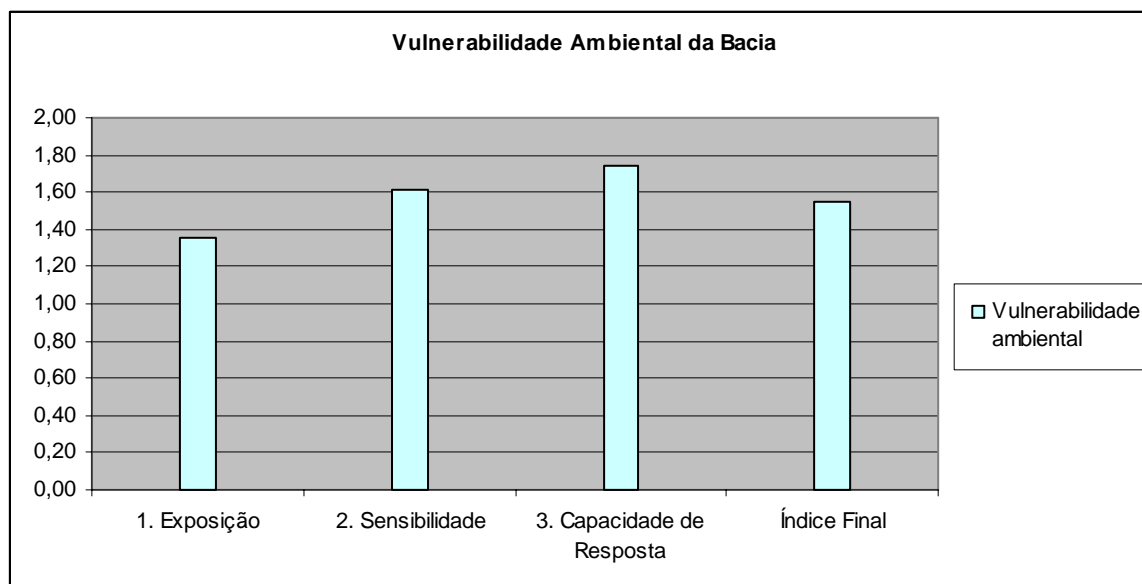


FIGURA 119 – Planilha “Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia” do arquivo “Vulnerabilidade_bacia.xls”, preenchida com um exemplo

APÊNDICE E – Indicadores de vulnerabilidade da bacia Metropolitana – CE

Dados Gerais da Bacia Hidrográfica

1. NOME DA BACIA:	Metropolitana
2. ESTADO (s):	Ceará
3. ÁREA (Km²):	15.053,46

4. MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA		
Nome	Área (Km²)	População total (Hab)
Acarape - CE	135,9	12.927
Aquiraz - CE	480,7	60.469
Aracoiaba - CE	625,3	24.064
Aratuba - CE	156,8	12.359
Barreira - CE	227,3	17.024
Baturité - CE	345,8	29.861
Beberibe - CE	1.619,70	42.343
Capistrano - CE	186	15.830
Cascavel - CE	816,8	57.129
Caucaia - CE	1.190,40	250.479
Choró - CE	789,2	12.001
Chorozinho - CE	306,9	18.707
Eusébio - CE	77,7	31.500
Fortaleza - CE	312,4	2.141.402
Guaiúba - CE	270,1	19.884
Guaramiranga - CE	107,1	5.714
Horizonte - CE	191	33.790
Ibaretama - CE	818,7	12.561
Itaitinga - CE	154,6	29.217
Itapiúna - CE	590,3	16.276
Maracanaú - CE	98,1	179.732
Maranguape - CE	651,9	88.135
Mulungu - CE	103,4	8.897
Ocara - CE	771,8	21.584
Pacajus - CE	240,9	44.070
Pacatuba - CE	137,3	51.696
Pacoti - CE	94,1	10.929
Palmácia - CE	150,2	9.859
Paracuru - CE	295,3	27.541
Pindoretama - CE	75,3	14.951
Redenção - CE	239,6	24.993
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	35.608

1.1. Atividade Agropecuária						
Município	Área Município (Km²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Área Agropecuária - 1996 (Km²)	Atividade agropecuária na bacia (%)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Acarape - CE	135,9	1,04%	40,84	30%	1,30	0,01
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	119,71	25%	1,25	0,05
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	265,86	43%	1,43	0,07
Aratuba - CE	156,8	1,20%	76,60	49%	1,49	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	149,52	66%	1,66	0,03
Baturité - CE	345,8	2,64%	180,95	52%	1,52	0,04
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	451,10	28%	1,28	0,16
Capistrano - CE	186	1,42%	128,97	69%	1,69	0,02
Cascavel - CE	816,8	6,23%	288,61	35%	1,35	0,08
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	229,41	19%	1,19	0,11
Choró - CE	789,2	6,02%	233,81	30%	1,30	0,08
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	186,98	61%	1,61	0,04
Eusébio - CE	77,7	0,59%	18,58	24%	1,24	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	5,01208	2%	1,02	0,02
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	58,13	22%	1,22	0,03
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	35,17	33%	1,33	0,01
Horizonte - CE	191	1,46%	44,62	23%	1,23	0,02
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	266,79	33%	1,33	0,08
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	36,54	24%	1,24	0,01
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	197,48	33%	1,33	0,06
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	12,99	13%	1,13	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	269,20	41%	1,41	0,07
Mulungu - CE	103,4	0,79%	73,84	71%	1,71	0,01
Ocara - CE	771,8	5,89%	337,27	44%	1,44	0,08
Pacajus - CE	240,9	1,84%	133,35	55%	1,55	0,03
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	37,04	27%	1,27	0,01
Pacoti - CE	94,1	0,72%	63,44	67%	1,67	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	84,11	56%	1,56	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	78,98	27%	1,27	0,03
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	30,71	41%	1,41	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	98,51	41%	1,41	0,03
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	154,71	18%	1,18	0,08
Vulnerabilidade final do indicador						1,33

Fonte: Pesquisa Agropecuária: Tabela 316 - Área dos estabelecimentos por grupos de área total e utilização das terras (IBGE, 1996); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.2 Atividade Industrial						
Municípios com sede na bacia	Área do Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Pessoal Ocupado em 2005	Atividade industrial (pessoal ocupado/Km ²)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Acarape - CE	135,9	1,04%	437	3,22	1,03	0,011
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	2.954	6,15	1,05	0,038
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	160	0,26	1,00	0,048
Aratuba - CE	156,8	1,20%	10	0,06	1,00	0,012
Barreira - CE	227,3	1,73%	181	0,80	1,01	0,017
Baturité - CE	345,8	2,64%	148	0,43	1,00	0,026
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	204	0,13	1,00	0,124
Capistrano - CE	186	1,42%	13	0,07	1,00	0,014
Cascavel - CE	816,8	6,23%	3.408	4,17	1,03	0,064
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	6.009	5,05	1,04	0,095
Choró - CE	789,2	6,02%	0	0,00	1,00	0,060
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	281	0,92	1,01	0,024
Eusébio - CE	77,7	0,59%	8.179	105,26	1,84	0,011
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	76.150	243,76	2,95	0,070
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	144	0,53	1,00	0,021
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	3	0,03	1,00	0,008
Horizonte - CE	191	1,46%	10.601	55,50	1,44	0,021
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	15	0,02	1,00	0,062
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	476	3,08	1,02	0,012
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	13	0,02	1,00	0,045
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	20.751	211,53	2,69	0,020
Maranguape - CE	651,9	4,98%	5.297	8,13	1,07	0,053
Mulungu - CE	103,4	0,79%	0	0,00	1,00	0,008
Ocara - CE	771,8	5,89%	40	0,05	1,00	0,059
Pacajus - CE	240,9	1,84%	2.686	11,15	1,09	0,020
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	2.467	17,97	1,14	0,012
Pacoti - CE	94,1	0,72%	29	0,31	1,00	0,007
Palmácia - CE	150,2	1,15%	3	0,02	1,00	0,011
Paracuru - CE	295,3	2,25%	224	0,76	1,01	0,023
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	493	6,55	1,05	0,006
Redenção - CE	239,6	1,83%	50	0,21	1,00	0,018
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	475	0,56	1,00	0,065
Vulnerabilidade final do indicador	1,09					

Fonte: Cadastro Central de Empresas: Tabela 1735 - Dados gerais das unidades locais por faixas de pessoal ocupado total, segundo seção da classificação de atividades (IBGE, 2005); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.3 Geração de esgoto per capita								
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município no total de municípios (%)	Volume de esgoto coletado (m ³ /dia)*	Volume de esgoto coletado (m ³ /ano)	População (moradores em domicílios particulares permanentes) atendida pela coleta de esgoto** (hab)	Geração de esgoto per capita (m ³ /hab.ano)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do
Aquiraz - CE	480,7	15,94%	2.500,00	912.500,00	2.871,00	317,83	2,00	0,32
Aracoiaba - CE	625,3	20,73%	250,00	91.250,00	337,00	270,77	2,00	0,41
Caucaia - CE	1.190,40	39,47%	661,00	241.265,00	63.572,00	3,80	1,00	0,39
Eusébio - CE	77,7	2,58%	62,00	22.630,00	1.218,00	18,58	1,10	0,03
Fortaleza - CE	312,4	10,36%	189.970,00	69.339.050,00	926.918,00	74,81	1,72	0,18
Maracanaú - CE	98,1	3,25%	7.064,00	2.578.360,00	81.884,00	31,49	1,24	0,04
Pacatuba - CE	137,3	4,55%	1.540,00	562.100,00	25.564,00	21,99	1,13	0,05
Pacoti - CE	94,1	3,12%	400,00	146.000,00	1.876,00	77,83	1,75	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,48							

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: *Tabela 1825 - Volume de esgoto coletado e tratado por dia (IBGE,2000a); **Censo Demográfico: Tabela 202 - Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário (IBGE,2000b)

1.4 Geração de lixo per capita							
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Lixo coletado* (ton/dia)	População atendida pela coleta** (Hab)	Lixo per capita (Kg/Hab.dia)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Acarape - CE	135,9	1,04%	6	5.752	1,04	1,67	0,02
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	50	32.245	1,55	2,00	0,07
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	7	8.678	0,81	1,50	0,07
Aratuba - CE	156,8	1,20%	4	2.152	1,86	2,00	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	13	2.978	4,37	2,00	0,03
Baturité - CE	345,8	2,64%	9	16.202	0,56	1,33	0,03
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	30	14.864	2,02	2,00	0,25
Capistrano - CE	186	1,42%	4	4.362	0,92	1,58	0,02
Cascavel - CE	816,8	6,23%	40	28.547	1,40	1,93	0,12
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	183	183.546	1,00	1,64	0,15
Choró - CE	789,2	6,02%	20	1.448	13,81	2,00	0,12
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	4	7.169	0,56	1,33	0,03
Eusébio - CE	77,7	0,59%	22	21.395	1,03	1,66	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	2375	2.026.118	1,17	1,77	0,04
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	4,8	8.811	0,54	1,32	0,03
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	3	1.901	1,58	2,00	0,02
Horizonte - CE	191	1,46%	20	20.514	0,97	1,62	0,02
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	4	2.327	1,72	2,00	0,12
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	24	23.186	1,04	1,67	0,02
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	5	5.890	0,85	1,53	0,07
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	115	160.734	0,72	1,44	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	30	59.560	0,50	1,29	0,06
Mulungu - CE	103,4	0,79%	6	2.459	2,44	2,00	0,02
Ocara - CE	771,8	5,89%	25	3.497	7,15	2,00	0,12
Pacajus - CE	240,9	1,84%	29	24.689	1,17	1,77	0,03
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	26	39.736	0,65	1,40	0,01
Pacoti - CE	94,1	0,72%	4	3.057	1,31	1,86	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	5	3.011	1,66	2,00	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	45	9.369	4,80	2,00	0,05
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	13	6.672	1,95	2,00	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	6	8.509	0,71	1,43	0,03
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	50	16.700	2,99	2,00	0,13
Vulnerabilidade final do indicador	1,78						

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE,2000a); Tabela 2298 - Número de municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo por percentual de domicílios com lixo coletado; **Censo Demográfico -

1.5 Demanda hídrica per capita			
Retirada Total de água total na bacia* (m3/s)	Retirada Total de água (m3/ano)	População total da bacia (hab)	Demanda Hídrica per capita (m3/hab.ano)
13,041	411.260.976,00	3.361.532	122,34
Vulnerabilidade final do indicador	1,06		

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004)

2.1 Áreas Prioritárias para Conservação

Tipo de área prioritária	Vulnerabilidade do tipo de Área Prioritária	Área ocupada (Km2)	Percentual da Área Prioritária na bacia (%)	Vulnerabilidade do tipo de Área prioritária * Percentual da Área Prioritária na bacia
1 - Extremamente alta	2	2.803,49	18,62%	0,37
2 - Muito alta	1,8	2.444,64	16,24%	0,29
3 - Alta	1,6	327,19	2,17%	0,03
Insuficientemente conhecida	1,4	1.487,48	9,88%	0,14
Área não contemplada	1,2	7.990,65	53,08%	0,64
Vulnerabilidade final do indicador		1,47		

Fonte: Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira (MMA, 2006)

2.2 Aptidão Agrícola

Classe de Aptidão	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão	Área da classe de aptidão (Km2)	Percentual da área ocupada pela classe de aptidão na bacia (%)	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão * Percentual da área ocupada pela classe
Aptidão 1	1	0	0,00%	0,00
Aptidão 2	1,2	2.344	15,96%	0,19
Aptidão 3	1,4	2.787	18,98%	0,27
Aptidão 4	1,6	1.186	8,07%	0,13
Aptidão 5	1,8	7.186	48,93%	0,88
Aptidão 6	2	1.183	8,06%	0,16
Vulnerabilidade final do indicador		1,63		

Fonte: Mapa de Aptidão Agrícola do Ceará (Ministério da Agricultura, 1979)

2.3 Intensidade Pluviométrica

Nome	Latitude	Longitude	Intensidade Pluviométrica no posto (mm/mês)	Vulnerabilidade no posto	Área dos Polígonos de Thiessen (Km2)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade no posto * Percentual da área do polígono
Pacoti	04°13'	38°56'	306,75	1,54	229,86	1,53%	0,02
Palmácia	04°09'	38°58'	322,10	1,57	617,07	4,10%	0,06
Aracoiaba	04°22'	38°50'	353,09	1,64	1.768,35	11,75%	0,19
Guaiuba	04°02'	38°38'	410,54	1,76	1.231,69	8,18%	0,14
Acarape	04°13'	38°43'	428,93	1,80	311,44	2,07%	0,04
Itapiuna	04°33'	38°57'	433,91	1,81	3.912,67	25,99%	0,47
Maranguape	03°55'	38°43'	444,69	1,83	2.788,17	18,52%	0,34
Itapeim	04°20'	38°07'	459,44	1,86	2.862,89	19,02%	0,35
Cascavel	04°08'	38°14'	518,24	1,99	1.331,30	8,84%	0,18
Vulnerabilidade final do indicador		1,80					

Fonte: Base de dados da FUNCEME 1974 a 2007 (FUNCEME, 2008)

2.4 Qualidade da Água de Irrigação										
Corpo Hídrico	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	RAS média do ponto de monitoramento	Vulnerabilidade RAS do ponto	CE média do ponto de monitoramento (dS/m)	Vulnerabilidade CE do ponto	Vulnerabilidade final no ponto (valor máximo entre CE e RAS)	Area do polígono de Thiessen (Km ²)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade final no ponto * Percentual da área do polígono
Catucinzenta	9559421	565428	1,41	1,50	0,27	1,06	1,50	373,68	2,5%	0,04
Cauipe	9586984	514823	1,78	1,50	0,45	1,12	1,50	980,48	6,5%	0,10
Penedo	9561300	528200	1,96	1,50	0,26	1,06	1,50	528,48	3,5%	0,05
Acarape do Meio	9536618	523593	2,37	1,50	0,35	1,09	1,50	1.087,49	7,2%	0,11
Malcozinhado	9545952	578635	2,98	1,50	0,33	1,08	1,50	1.243,52	8,3%	0,12
Gavião	9568733	549534	2,98	1,50	0,54	1,15	1,50	703,28	4,7%	0,07
Aracoiaba	9513200	553650	3,08	1,50	0,50	1,14	1,50	2.741,54	18,2%	0,27
Barragem Ererê	9539686	562290	3,25	1,50	0,65	1,19	1,50	359,35	2,4%	0,04
Riachão	9557737	553073	3,27	1,50	0,59	1,17	1,50	113,05	0,8%	0,01
Pacoti	9554155	552178	3,31	1,50	0,62	1,18	1,50	310,62	2,1%	0,03
Pacajus	9533300	568400	3,31	1,50	0,75	1,22	1,50	1.355,78	9,0%	0,14
Amanary	9556324	512746	3,73	1,50	0,63	1,18	1,50	437,29	2,9%	0,04
Sítios Novos	9583427	504706	3,84	1,50	0,61	1,18	1,50	900,59	6,0%	0,09
Castro	9495174	507252	3,95	1,50	0,91	1,28	1,50	2.529,95	16,8%	0,25
Pompeu Sobrinho	9465204	484328	5,91	1,00	2,81	1,93	1,93	1.388,38	9,2%	0,18
Vulnerabilidade final do indicador	1,54									

Fonte: Base de dados da COGERH (2008)

2.5 Aridez do Clima

Classe Climática	Vulnerabilidade da Classe	Área (Km ²)	Percentual da área ocupada pela classe climática (%)	Vulnerabilidade da Classe* Percentual da área ocupada pela classe
Áreas semi-áridas	1,8	6.053,46	40,21%	0,72
Áreas subúmidas secas	1,6	5.068,16	33,67%	0,54
Áreas do entorno de regiões semi-áridas	1,4	3.931,84	26,12%	0,37
Áreas úmidas ou sub-úmidas (não contempladas no mapa)	1	0,00	0,00%	0,00
Vulnerabilidade final do indicador	1,63			

Fonte: Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação (MMA, 2004)

3.1 Áreas em Unidades de Conservação

Tipo de Unidade de Conservação	Nome da Unidade de Conservação	Municípios	Área (Km ²)	Percentual da área da Unidade de Conservação na bacia (%)	Percentual da área do tipo de Unidade de Conservação na bacia (%)	Vulnerabilidade * Percentual da área do tipo de Unidade
Proteção integral (vulnerabilidade = 1)	Estação Ecológica do Pecém (Decreto nº 25.708 de 05/06/98)	Caucaia e São Gonçalo do Amarante	9,73	0,06%	0,15%	0,002
	Parque Ecológico do Cocó (Decreto nº 20.253 de 05/09/89)	Fortaleza	11,55	0,08%		
	Parque Botânico do Ceará (Decreto nº 24.216 de 09/09/96)	Caucaia	1,90	0,01%		
Uso sustentável (vulnerabilidade = 1,5)	APA Lagamar do Cauipi (Decreto nº 24.957 de 05/06/98)	Caucaia	18,84	0,13%	1,28%	0,019
	APA Lagoa do Uruaú (Decreto nº 25.355 de 26/01/99)	Beberibe	26,73	0,18%		
	APA do Estuário do Rio Ceará (Decreto nº 25.413 de 29/03/99)	Fortaleza e Caucaia	27,45	0,18%		
	APA das Dunas de Paracuru (Decreto nº 25.418 de 29/03/99)	Paracuru	39,10	0,26%		
	APA do Rio Pacoti (Decreto nº 25.778 de 15/02/00)	Fortaleza, Eusebio e Aquiraz	29,15	0,19%		
	APA da Serra de Maranguape (Lei nº 1168 de 08/07/93)	Maranguape	37,75	0,25%		
	Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga (Decreto nº 21349/91 de 03/05/91)	Fortaleza	0,31	0,00%		
	Jardim Botânico de São Gonçalo (Decreto Municipal nº 799/03 de 08/03/03)	São Gonçalo do Amarante	0,20	0,00%		
	Reserva Extrativista do Batoque (Decreto de 05/06/2003)	Aquiraz	6,00	0,04%		
	RPPN Lagoa da Sapiranga (Portaria SEMACE031/97 de 03/02/97)	Fortaleza	0,59	0,00%		
	RPPN Sítio do Olho d'água (Portaria SEMACE nº 222/00 de 17/10/00)	Baturité	3,83	0,03%		
	RPPN Monte Alegre (Portaria IBAMA nº 151/2001 de 25/10/01)	Pacatuba	2,63	0,02%		
Sem proteção (vulnerabilidade = 2)			14.837,70		98,57%	1,97
Vulnerabilidade final do indicador	1,99					

Fonte: Unidades de Conservação existentes no Ceará (SEMACE, 2008)

3.2 Conservação do solo

Município	Área do município (Km ²)	Percentual da área na bacia (%)	Ações de gestão florestal executadas pelo município (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município*Percentual da área na bacia
Acarape - CE	135,9	1,04%	0%	2,00	0,02
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	40%	1,60	0,06
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	40%	1,60	0,08
Aratuba - CE	156,8	1,20%	60%	1,40	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	0%	2,00	0,03
Baturité - CE	345,8	2,64%	0%	2,00	0,05
Beberibe - CE	1619,7	12,36%	60%	1,40	0,17
Capistrano - CE	186	1,42%	0%	2,00	0,03
Cascavel - CE	816,8	6,23%	0%	2,00	0,12
Caucaia - CE	1190,4	9,09%	20%	1,80	0,16
Choró - CE	789,2	6,02%	40%	1,60	0,10
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	0%	2,00	0,05
Eusébio - CE	77,7	0,59%	0%	2,00	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	0%	2,00	0,05
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	0%	2,00	0,04
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	60%	1,40	0,01
Horizonte - CE	191	1,46%	0%	2,00	0,03
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	20%	1,80	0,11
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	0%	2,00	0,02
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	20%	1,80	0,08
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	60%	1,40	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	20%	1,80	0,09
Mulungu - CE	103,4	0,79%	40%	1,60	0,01
Ocara - CE	771,8	5,89%	0%	2,00	0,12
Pacajus - CE	240,9	1,84%	0%	2,00	0,04
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	0%	2,00	0,02
Pacoti - CE	94,1	0,72%	40%	1,60	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	40%	1,60	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	0%	2,00	0,05
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	0%	2,00	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	40%	1,60	0,03
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	0%	2,00	0,13
Vulnerabilidade final do indicador		1,78			

Fonte: Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental (IBGE, 2002)

3.3 Acesso a Água Tratada													
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso ao Abastecimento de Água				Tratamento Convencional de Água				Vulnerabilidade final município	Vulnerabilidade final município * Percentual da área do município na bacia	
			com acesso a rede de abastecimento de água (hab)*	População município (hab)*	Acesso a rede de água (%)	Vulnerabilidade Acesso a rede de abastecimento de água	Volume de água total distribuída (m³/dia)**	Volume de água com tratamento convencional (m³/dia)**	Acesso a tratamento convencional (%)	Vulnerabilidade Tratamento convencional da água			
Acarape - CE	135,9	1,04%	6.975	12.927	53,96%	1,46	1.234,00	-	-	-	1,46	0,02	
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	5.853	60.469	9,68%	1,90	25.533,00	25.533,00	100,00%	1,00	1,45	0,05	
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	4.963	24.064	20,62%	1,79	923,00	-	-	-	1,79	0,09	
Aratuba - CE	156,8	1,20%	5.219	12.359	42,23%	1,58	220,00	-	-	-	1,58	0,02	
Barreira - CE	227,3	1,73%	3.879	17.024	22,79%	1,77	559,00	550,00	98,39%	1,02	1,39	0,02	
Baturité - CE	345,8	2,64%	15.593	29.861	52,22%	1,48	4.621,00	4.500,00	97,38%	1,03	1,25	0,03	
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	2.760	42.343	6,52%	1,93	1.576,00	1.576,00	100,00%	1,00	1,47	0,18	
Capistrano - CE	186	1,42%	4.161	15.830	26,29%	1,74	1.683,00	1.139,00	67,68%	1,32	1,53	0,02	
Cascavel - CE	816,8	6,23%	8.286	57.129	14,50%	1,85	1.297,00	-	-	-	1,85	0,12	
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	157.979	250.479	63,07%	1,37	9.545,00	9.545,00	100,00%	1,00	1,18	0,11	
Choró - CE	789,2	6,02%	2.162	12.001	18,02%	1,82	352,00	252,00	71,59%	1,28	1,55	0,09	
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	3.667	18.707	19,60%	1,80	1.179,00	-	-	-	1,80	0,04	
Eusébio - CE	77,7	0,59%	2.550	31.500	8,10%	1,92	129,00	-	-	-	1,92	0,01	
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	1.858.267	2.141.402	86,78%	1,13	426.034,00	426.034,00	100,00%	1,00	1,07	0,03	
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	11.037	19.884	55,51%	1,44	1.791,00	-	-	-	1,44	0,03	
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	1.252	5.714	21,91%	1,78	262,00	-	-	-	1,78	0,01	
Horizonte - CE	191	1,46%	1.432	33.790	4,24%	1,96	48,00	48,00	100,00%	1,00	1,48	0,02	
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	555	12.561	4,42%	1,96	28,00	-	-	-	1,96	0,12	
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	15.017	29.217	51,40%	1,49	1.417,00	1.417,00	100,00%	1,00	1,24	0,01	
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	6.256	16.276	38,44%	1,62	3.450,00	3.450,00	100,00%	1,00	1,31	0,06	
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	150.617	179.732	83,80%	1,16	11.917,00	2.073,00	0,00%	2,00	1,58	0,01	
Maranguape - CE	651,9	4,98%	46.880	88.135	53,19%	1,47	5.550,00	200,00	0,00%	2,00	1,73	0,09	
Mulungu - CE	103,4	0,79%	2.851	8.897	32,04%	1,68	300,00	300,00	100,00%	1,00	1,34	0,01	
Ocara - CE	771,8	5,89%	696	21.584	3,22%	1,97	-	-	-	-	1,97	0,12	
Pacajus - CE	240,9	1,84%	10.353	44.070	23,49%	1,77	1.535,00	-	-	-	1,77	0,03	
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	42.735	51.696	82,67%	1,17	2.025,00	-	-	-	1,17	0,01	
Pacoti - CE	94,1	0,72%	1.949	10.929	17,83%	1,82	456,00	456,00	100,00%	1,00	1,41	0,01	
Palmeira - CE	150,2	1,15%	3.320	9.859	33,67%	1,66	254,00	-	-	-	1,66	0,02	
Paracuru - CE	295,3	2,25%	4.186	27.541	15,20%	1,85	700,00	-	-	-	1,85	0,04	
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	4.007	14.951	26,80%	1,73	500,00	500,00	100,00%	1,00	1,37	0,01	
Redenção - CE	239,6	1,83%	8.887	24.993	35,56%	1,64	860,00	860,00	100,00%	1,00	1,32	0,02	
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	11.875	35.608	33,35%	1,67	1.193	467	39,15%	1,61	1,64	0,11	
Vulnerabilidade final do indicador		1,57											

Fonte: *Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1436 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e abastecimento de água (IBGE, 2000b); **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 1773 - Volume de água distribuída por dia, com tratamento de água por tipo de tratamento (IBGE, 2000b).

3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo

Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso a coleta de lixo				Destino adequado do lixo coletado				Vulnerabilidade final do município ((Acesso + Destino)/2))	Vulnerabilidade final do município * Percentual da área do município na bacia
			População Atendida pela coleta** (hab)	População do município ** (hab)	Percentual da população com serviço de coleta (%)	Vulnerabilidade Acesso a coleta de lixo	Total Destino Adequado * (t/dia)	Total Coletado* (t/dia)	Percentual do lixo coletado adequadamente (%)	Vulnerabilidade Destino adequado do lixo		
Acarape - CE	135,9	1,04%	5.752	12.927	44,50%	1,56	0	6	0,00%	2,00	1,78	0,02
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	32.245	60.469	53,32%	1,47	50	50	100,00%	1,00	1,23	0,05
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	8.678	24.064	36,06%	1,64	0	7	0,00%	2,00	1,82	0,09
Aratuba - CE	156,8	1,20%	2.152	12.359	17,41%	1,83	4	4	100,00%	1,00	1,41	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	2.978	17.024	17,49%	1,83	0	13	0,00%	2,00	1,91	0,03
Baturité - CE	345,8	2,64%	16.202	29.861	54,26%	1,46	0	9	0,00%	2,00	1,73	0,05
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	14.864	42.343	35,10%	1,65	0	30	0,00%	2,00	1,82	0,23
Capistrano - CE	186	1,42%	4.362	15.830	27,56%	1,72	0	4	0,00%	2,00	1,86	0,03
Cascavel - CE	816,8	6,23%	28.547	57.129	49,97%	1,50	0	40	0,00%	2,00	1,75	0,11
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	183.546	250.479	73,28%	1,27	183	183	100,00%	1,00	1,13	0,10
Choró - CE	789,2	6,02%	1.448	12.001	12,07%	1,88	0	20	0,00%	2,00	1,94	0,12
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	7.169	18.707	38,32%	1,62	0	4	0,00%	2,00	1,81	0,04
Eusébio - CE	77,7	0,59%	21.395	31.500	67,92%	1,32	22	22	100,00%	1,00	1,16	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	2.026.118	2.141.402	94,62%	1,05	2375	2375	100,00%	1,00	1,03	0,02
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	8.811	19.884	44,31%	1,56	4,8	4,8	100,00%	1,00	1,28	0,03
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	1.901	5.714	33,27%	1,67	0	3	0,00%	2,00	1,83	0,01
Horizonte - CE	191	1,46%	20.514	33.790	60,71%	1,39	0	20	0,00%	2,00	1,70	0,02
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	2.327	12.561	18,53%	1,81	0	4	0,00%	2,00	1,91	0,12
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	23.186	29.217	79,36%	1,21	24	24	100,00%	1,00	1,10	0,01
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	5.890	16.276	36,19%	1,64	0	5	0,00%	2,00	1,82	0,08
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	160.734	179.732	89,43%	1,11	115	115	100,00%	1,00	1,05	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	59.560	88.135	67,58%	1,32	30	30	100,00%	1,00	1,16	0,06
Mulungu - CE	103,4	0,79%	2.459	8.897	27,64%	1,72	0	6	0,00%	2,00	1,86	0,01
Ocara - CE	771,8	5,89%	3.497	21.584	16,20%	1,84	0	25	0,00%	2,00	1,92	0,11
Pacajus - CE	240,9	1,84%	24.689	44.070	56,02%	1,44	0	29	0,00%	2,00	1,72	0,03
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	39.736	51.696	76,86%	1,23	26	26	100,00%	1,00	1,12	0,01
Pacoti - CE	94,1	0,72%	3.057	10.929	27,97%	1,72	0	4	0,00%	2,00	1,86	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	3.011	9.859	30,54%	1,69	0	5	0,00%	2,00	1,85	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	9.369	27.541	34,02%	1,66	0	45	0,00%	2,00	1,83	0,04
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	6.672	14.951	44,63%	1,55	13	13	100,00%	1,00	1,28	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	8.509	24.993	34,05%	1,66	0	6	0,00%	2,00	1,83	0,03
São Gonçalo do Amarante - CE	842,1	6,43%	16.700	35.608	46,90%	1,53	0	50	0,00%	2,00	1,77	0,11
Vulnerabilidade final do indicador	1,65											

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE, 2000b); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1439 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo (IBGE, 2000b)

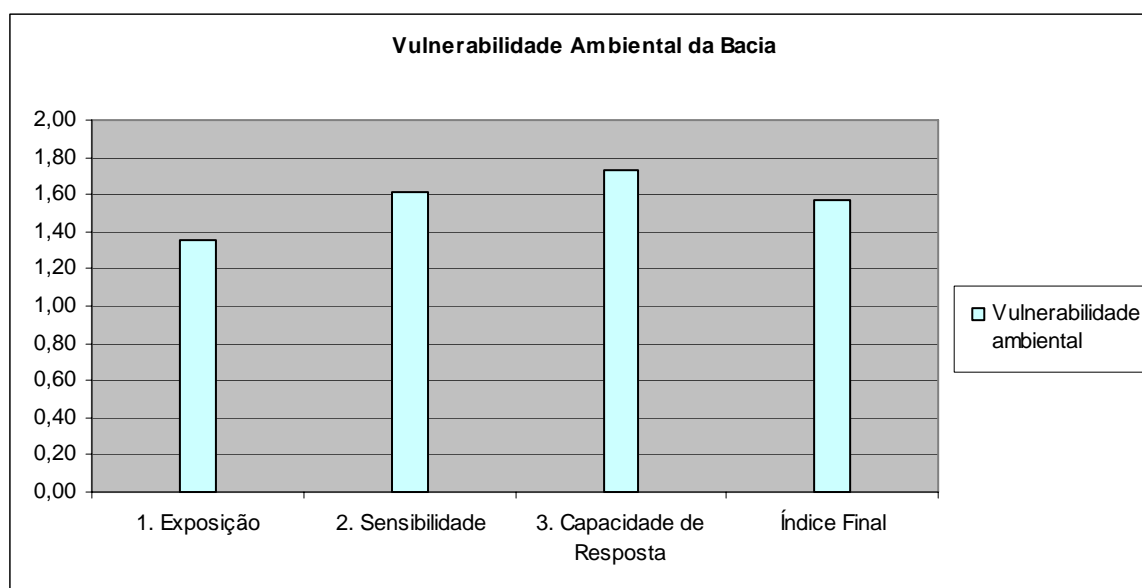
3.6 Disponibilidade hídrica			
Vazão média de longo prazo na bacia* (m3/s)	Vazão média de longo prazo (m3/ano)	População dos municípios com sede na bacia** (hab)	Disponibilidade hídrica per capita (m3/hab.ano)
17,63	555.979.680	3.361.532	165
Vulnerabilidade final do indicador		2,00	

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e

3.7 IDH-M					
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	IDH-M	Vulnerabilidade do município (IDH-M)	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Acarape - CE	135,9	1,04%	0,623	1,377	0,01
Aquiraz - CE	480,7	3,67%	0,67	1,33	0,05
Aracoiaba - CE	625,3	4,77%	0,597	1,403	0,07
Aratuba - CE	156,8	1,20%	0,626	1,374	0,02
Barreira - CE	227,3	1,73%	0,633	1,367	0,02
Baturité - CE	345,8	2,64%	0,619	1,381	0,04
Beberibe - CE	1.619,70	12,36%	0,642	1,358	0,17
Capistrano - CE	186	1,42%	0,634	1,366	0,02
Cascavel - CE	816,8	6,23%	0,631	1,369	0,09
Caucaia - CE	1.190,40	9,09%	0,673	1,327	0,12
Choró - CE	789,2	6,02%	0,721	1,279	0,08
Chorozinho - CE	306,9	2,34%	0,633	1,367	0,03
Eusébio - CE	77,7	0,59%	0,57	1,43	0,01
Fortaleza - CE	312,4	2,38%	0,684	1,316	0,03
Guaiúba - CE	270,1	2,06%	0,633	1,367	0,03
Guaramiranga - CE	107,1	0,82%	0,652	1,348	0,01
Horizonte - CE	191	1,46%	0,654	1,346	0,02
Ibaretama - CE	818,7	6,25%	0,679	1,321	0,08
Itaitinga - CE	154,6	1,18%	0,642	1,358	0,02
Itapiúna - CE	590,3	4,51%	0,68	1,32	0,06
Maracanaú - CE	98,1	0,75%	0,634	1,366	0,01
Maranguape - CE	651,9	4,98%	0,736	1,264	0,06
Mulungu - CE	103,4	0,79%	0,67	1,33	0,01
Ocara - CE	771,8	5,89%	0,65	1,35	0,08
Pacajus - CE	240,9	1,84%	0,594	1,406	0,03
Pacatuba - CE	137,3	1,05%	0,678	1,322	0,01
Pacoti - CE	94,1	0,72%	0,717	1,283	0,01
Palmácia - CE	150,2	1,15%	0,649	1,351	0,02
Paracuru - CE	295,3	2,25%	0,65	1,35	0,03
Pindoretama - CE	75,3	0,57%	0,635	1,365	0,01
Redenção - CE	239,6	1,83%	0,64	1,36	0,02
São Gonçalo do Amarante (CE)	842,1	6,43%	0,639	1,361	0,09
Vulnerabilidade final do indicador		1,34			

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000)

Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia						
Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental		
				Indicadores	Sub-índices	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,33	1,35	1,57
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,09		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,48		
	1.4 Geração de lixo per capita	0,2		1,78		
	1.5 Demanda hídrica per capita	0,2		1,06		
soma de pesos =				1		
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,47	1,61	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,63		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,80		
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,54		
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,63		
soma de pesos =				1		
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,73	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,78		
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,57		
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,65		
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,80		
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		2,00		
	3.7 IDH-M	0,14		1,34		
soma de pesos =				1	1	



APÊNDICE F – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Litoral

Dados Gerais da Bacia Hidrográfica

1. NOME DA BACIA:	Litoral
2. ESTADO:	Ceará
3. ÁREA (Km²):	8.718,28

4. MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA

Nome	Área (Km ²)	População total (Hab)
Amontada - CE	1.574,90	32.333
Irauçuba - CE	1.378,80	19.560
Itapipoca - CE	1.186,40	94.369
Itarema - CE	735,1	30.347
Miraíma - CE	762,7	11.417
Paraipaba - CE	312,7	25.462
Trairi - CE	939,1	44.527
Tururu - CE	202,3	11.498
Uruburetama - CE	124,9	16.444

1.1. Atividade Agropecuária

Município	Área Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Área Agropecuária - 1996 (Km ²)	Atividade agropecuária na bacia (%)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	203,82	12,94%	1,13	0,25
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	497,96	36,12%	1,36	0,26
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	494,09	41,65%	1,42	0,23
Itarema - CE	735,1	10,19%	355,62	48,38%	1,48	0,15
Miraíma - CE	762,7	10,57%	270,76	35,50%	1,36	0,14
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	75,96	24,29%	1,24	0,05
Trairi - CE	939,1	13,01%	247,48	26,35%	1,26	0,16
Tururu - CE	202,3	2,80%	103,35	51,09%	1,51	0,04
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	57,31	45,89%	1,46	0,03
Vulnerabilidade final do indicador	1,32					

Fonte: Pesquisa Agropecuária: Tabela 316 - Área dos estabelecimentos por grupos de área total e utilização das terras (IBGE, 1996); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.2 Atividade Industrial						
Municípios com sede na bacia	Área do Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Pessoal Ocupado em 2005	Atividade industrial (pessoal ocupado.Km ⁻²)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Amontada - CE	1.574,90	24,40%	22	0,01	1,00	0,244
Irauçuba - CE	1.378,80	21,36%	31	0,02	1,00	0,214
Itapipoca - CE	1.186,40	18,38%	2.634	2,22	1,02	0,187
Itarema - CE	735,1	11,39%	160	0,22	1,00	0,114
Paraipaba - CE	312,7	4,84%	396	1,27	1,01	0,049
Trairi - CE	939,1	14,55%	124	0,13	1,00	0,146
Tururu - CE	202,3	3,13%	13	0,06	1,00	0,031
Uruburetama - CE	124,9	1,94%	1.526	12,22	1,10	0,021
Vulnerabilidade final do indicador	1,01					

Fonte: Cadastro Central de Empresas: Tabela 1735 - Dados gerais das unidades locais por faixas de pessoal ocupado total, segundo seção da classificação de atividades (IBGE, 2005); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.3 Geração de esgoto per capita								
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município no total de municípios (%)	Volume de esgoto coletado (m3/dia)*	Volume de esgoto coletado (m3/ano)	População (moradores em domicílios particulares permanentes) atendida pela coleta de esgoto** (hab)	Geração de esgoto per capita (m3/hab.ano)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do
Irauçuba - CE	1.378,80	53,75%	40	14.600	4.961	2,94	1,00	0,54
Itapipoca - CE	1.186,40	46,25%	555	202.575	5.599	36,18	1,29	0,60
Vulnerabilidade final do indicador	1,13							

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: *Tabela 1825 - Volume de esgoto coletado e tratado por dia (IBGE,2000a); **Censo Demográfico: Tabela 202 - Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário (IBGE,2000b)

1.4 Geração de lixo per capita							
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Lixo coletado* (ton/dia)	População atendida pela coleta** (Hab)	Lixo per capita (Kg/Hab.dia)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	18	7.032	2,56	2,00	0,44
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	12	7.888	1,52	2,00	0,38
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	43	34.216	1,26	1,83	0,30
Itarema - CE	735,1	10,19%	37,7	7.986	4,72	2,00	0,20
Miraima - CE	762,7	10,57%	10	1.518	6,59	2,00	0,21
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	35	10.922	3,20	2,00	0,09
Trairi - CE	939,1	13,01%	30	9.320	3,22	2,00	0,26
Tururu - CE	202,3	2,80%	16	1.010	15,84	2,00	0,06
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	12	8.136	1,47	1,98	0,03
Vulnerabilidade final do indicador	1,97						

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE,2000a); Tabela 2298 - Número de municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo por percentual de domicílios com lixo coletado; **Censo Demográfico -

1.5 Demanda hídrica per capita			
Retirada Total de água total na bacia* (m3/s)	Retirada Total de água (m3/ano)	População total da bacia (hab)	Demanda Hídrica per capita (m3/hab.ano)
0,375	11.826.000	285.957	41,36
Vulnerabilidade final do indicador	1,01		

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004)

2.1 Áreas Prioritárias para Conservação

Tipo de área prioritária	Vulnerabilidade do tipo de Área Prioritária	Área ocupada (Km2)	Percentual da Área Prioritária na bacia (%)	Vulnerabilidade do tipo de Área prioritária * Percentual da Área Prioritária na bacia
1 - Extremamente alta	2	126,10	1,45%	0,03
2 - Muito alta	1,8	1.590,00	18,24%	0,33
3 - Alta	1,6	530,99	6,09%	0,10
Insuficientemente conhecida	1,4	2.204,26	25,28%	0,35
Área não contemplada	1,2	4.266,94	48,94%	0,59
Vulnerabilidade final do indicador				1,40

Fonte: Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira (MMA, 2006)

2.2 Aptidão Agrícola

Classe de Aptidão	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão	Área da classe de aptidão (Km2)	Percentual da área ocupada pela classe de aptidão na bacia (%)	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão * Percentual da área ocupada pela classe
Aptidão 1	1	0	0,00%	0,00
Aptidão 2	1,2	2933,68	33,77%	0,41
Aptidão 3	1,4	720,30	8,29%	0,12
Aptidão 4	1,6	153,02	1,76%	0,03
Aptidão 5	1,8	4020,93	46,29%	0,83
Aptidão 6	2	858,71	9,89%	0,20
Vulnerabilidade final do indicador				1,58

Fonte: Mapa de Aptidão Agrícola do Ceará (Ministério da Agricultura, 1979)

2.3 Intensidade Pluviométrica

Nome	Latitude	Longitude	Intensidade Pluviométrica no posto (mm/mês)	Vulnerabilidade no posto	Área dos Polígonos de Thiessen (Km2)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade no posto * Percentual da área do polígono
Irauçuba	03°36'	39°27'	316,06	1,56	1.554,93	17,84%	0,28
Uruburetama	03°22'	39°49'	409,19	1,76	131,58	1,51%	0,03
Amontada	03°37'	39°30'	423,69	1,79	1.819,16	20,87%	0,37
Itapipoca	03°24'	39°10'	437,90	1,82	1.230,76	14,12%	0,26
Paraipaba	03°30'	39°34'	465,04	1,87	780,00	8,95%	0,17
Itarema	03°34'	39°58'	476,54	1,90	1.345,17	15,43%	0,29
Miraima	02°55'	39°55'	478,05	1,90	1.505,87	17,27%	0,33
Tururu	03°44'	39°45'	512,23	1,97	350,84	4,02%	0,08
Vulnerabilidade final do indicador							1,80

Fonte: Base de dados da FUNCEME 1974 a 2007 (FUNCEME, 2008)

2.4 Qualidade da Água de Irrigação										
Corpo Hídrico	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	RAS média do ponto de monitoramento	Vulnerabilidade RAS do ponto	CE média do ponto de monitoramento (dS/m)	Vulnerabilidade CE do ponto	Vulnerabilidade final no ponto (valor máximo entre CE e RAS)	Area do polígono de Thiessen (Km ²)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade final no ponto * Percentual da área do polígono
Mundaú	9.598.867	443.004	2,90	1,5	0,22	1,04	1,50	880,99	10,11%	0,15
Patos	9.583.070	385.442	3,58	1,5	0,54	1,15	1,50	555,27	6,37%	0,10
Poço Verde	9.620.021	429.692	3,26	1,5	0,46	1,12	1,50	3.483,29	39,95%	0,60
Quandú	9.605.975	430.369	1,69	1,5	0,20	1,03	1,50	546,34	6,27%	0,09
Santo Antônio de Aracatiaçu	9.570.912	387.438	1,70	1,5	0,45	1,12	1,50	573,89	6,58%	0,10
São Pedro Timbauba	9.605.201	391.634	1,29	1,5	0,30	1,07	1,50	2.026,05	23,24%	0,35
Santa Maria de Aracatiaçu	9.553.131	390.313	3,22	1,5	0,48	1,13	1,50	652,46	7,48%	0,11
Vulnerabilidade final do indicador	1,50									

Fonte: Base de dados da COGERH (2008)

2.5 Aridez do Clima				
Classe Climática	Vulnerabilidade da Classe	Área (Km ²)	Percentual da área ocupada pela classe climática (%)	Vulnerabilidade da Classe* Percentual da área ocupada pela classe
Áreas semi-áridas	1,8	2.058,83	23,62%	0,43
Áreas subúmidas secas	1,6	6.637,34	76,13%	1,22
Áreas do entorno de regiões semi-áridas	1,4	22,10	0,25%	0,004
Áreas úmidas ou sub-úmidas (não contempladas no mapa)	1	0	0,00%	0,00
Vulnerabilidade final do indicador	1,65			

Fonte: Mapa de Áreas Suscetíveis à Desertificação (MMA, 2004)

3.1 Áreas em Unidades de Conservação						
Tipo de Unidade de Conservação	Nome da Unidade de Conservação	Municípios	Área (Km2)	Percentual da área da Unidade de Conservação na bacia (%)	Percentual da área do tipo de Unidade de Conservação na bacia (%)	Vulnerabilidade * Percentual da área do tipo de Unidade
Proteção integral (vulnerabilidade = 1)			0,00	0,00%	0,00%	0,000
Uso sustentável (vulnerabilidade = 1,5)	APA do Rio Mundaú	Tairie Itapipoca	15,96	0,18%	0,25%	0,004
	RPPN Sítio Ameixas - Poço Velho (Portaria IBAMA nº007 de 28/01/94)	Itapipoca	4,64	0,05%		
	RPPN Mercês Sabiaguaba e Nazário (Portaria IBAMA nº113 de	Amontada	0,5	0,01%		
	Reserva Ecológica Particular Jandaíra (Portaria SEMACE nº234/02 de 06/12/02)*	Tarairí	0,54	0,01%		
Sem proteção (vulnerabilidade = 2)			8.696,64	99,75%	99,75%	1,995
Vulnerabilidade final do indicador	2,00					

Fonte: Unidades de Conservação existentes no Ceará (SEMACE, 2008)

3.2 Conservação do solo					
Município	Área do município (Km2)	Percentual da área na bacia (%)	Ações de gestão florestal executadas pelo município (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município*Percentual da área na bacia
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	20,00%	1,80	0,39
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	0,00%	2,00	0,38
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	0,00%	2,00	0,33
Itarema - CE	735,1	10,19%	20,00%	1,80	0,18
Miraíma - CE	762,7	10,57%	0,00%	2,00	0,21
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	0,00%	2,00	0,09
Trairi - CE	939,1	13,01%	40,00%	1,60	0,21
Tururu - CE	202,3	2,80%	0,00%	2,00	0,06
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	0,00%	2,00	0,03
Vulnerabilidade final do indicador	1,88				

Fonte: Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental (IBGE, 2002)

3.3 Acesso a Água Tratada												
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso ao Abastecimento de Água				Tratamento Convencional de Água				Vulnerabilidade final município	Vulnerabilidade final município * Percentual da área do município na bacia
			com acesso a rede de abastecimento de água (hab)*	População município (hab)*	Acesso a rede de água (%)	Vulnerabilidade Acesso a rede de abastecimento de água	Volume de água total distribuída (m³/dia)**	Volume de água com tratamento convencional (m³/dia)**	Acesso a tratamento convencional (%)	Vulnerabilidade Tratamento convencional da água		
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	7.465	32.333	23,09%	1,77	1.025	-	-	-	1,77	0,39
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	9.278	19.560	47,43%	1,53	1.120	-	-	-	1,53	0,29
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	37.330	94.369	39,56%	1,60	11.670	11.520	98,71%	1,01	1,31	0,22
Itarema - CE	735,10	10,19%	4.098	30.347	13,50%	1,86	670	-	-	-	1,86	0,19
Miraíma - CE	762,70	10,57%	4.451	11.417	38,99%	1,61	508	-	-	-	1,61	0,17
Paraipaba - CE	312,70	4,33%	12.388	25.462	48,65%	1,51	1.500	-	-	-	1,51	0,07
Trairi - CE	939,10	13,01%	2.857	44.527	6,42%	1,94	638	566	88,71%	1,11	1,52	0,20
Tururu - CE	202,30	2,80%	4.760	11.498	41,40%	1,59	200	-	-	-	1,59	0,04
Uruburetama - CE	124,90	1,73%	10.437	16.444	63,47%	1,37	1.910	-	-	-	1,37	0,02
Vulnerabilidade final do indicador	1,58											

Fonte: *Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1436 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e abastecimento de água (IBGE, 2000b); **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 1773 - Volume de água distribuída por dia, com tratamento de água por tipo de tratamento (IBGE, 2000b).

3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo												
Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso a coleta de lixo				Destino adequado do lixo coletado				Vulnerabilidade final do município ((Acesso + Destino)/2)	Vulnerabilidade final do município * Percentual da área do município na bacia
			População Atendida pela coleta** (hab)	População do município ** (hab)	Percentual da população com serviço de coleta (%)	Vulnerabilidade Acesso a coleta de lixo	Total Destino Adequado * (t/dia)	Total Coletado* (t/dia)	Percentual do lixo coletado adequadamente (%)	Vulnerabilidade Destino adequado do lixo		
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	7.032	32.333	21,75%	1,78	-	18	-	-	1,78	0,39
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	7.888	19.560	40,33%	1,60	-	12	-	-	1,60	0,31
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	34.216	94.369	36,26%	1,64	-	43	-	-	1,64	0,27
Itarema - CE	735,1	10,19%	7.986	30.347	26,32%	1,74	36,5	37,7	96,82%	1,03	1,38	0,14
Miraima - CE	762,7	10,57%	1.518	11.417	13,30%	1,87	-	10	-	-	1,87	0,20
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	10.922	25.462	42,90%	1,57	-	35	-	-	1,57	0,07
Trairi - CE	939,1	13,01%	9.320	44.527	20,93%	1,79	-	30	-	-	1,79	0,23
Tururu - CE	202,3	2,80%	1.010	11.498	8,78%	1,91	-	16	-	-	1,91	0,05
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	8.136	16.444	49,48%	1,51	3	12	25,00%	1,75	1,63	0,03
Vulnerabilidade final do indicador	1,68											

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE, 2000b); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1439 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo (IBGE, 2000b)

3.5 Acesso a Esgotamento Sanitário

Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	População com acesso a esgotamento sanitário (fossa séptica e rede egeral)* (hab)	População do município** (hab)	Acesso a esgotamento sanitário (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	195	32.333	0,60%	1,99	0,44
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	4.961	19.560	25,36%	1,75	0,33
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	5.599	94.369	5,93%	1,94	0,32
Itarema - CE	735,1	10,19%	870	30.347	2,87%	1,97	0,20
Miraima - CE	762,7	10,57%	112	11.417	0,98%	1,99	0,21
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	1.958	25.462	7,69%	1,92	0,08
Trairi - CE	939,1	13,01%	1.025	44.527	2,30%	1,98	0,26
Tururu - CE	202,3	2,80%	22	11.498	0,19%	2,00	0,06
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	165	16.444	1,00%	1,99	0,03

Vulnerabilidade final do indicador **1,93**

Fonte: Censo Demográfico: *Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário ; **Tabela 202 - População residente por sexo e situação (IBGE, 2000b).

3.6 Disponibilidade hídrica

Vazão média de longo prazo na bacia* (m3/s)	Vazão média de longo prazo (m3/ano)	População dos municípios com sede na bacia** (hab)	Disponibilidade hídrica per capita (m3/hab.ano)
0,8	25.228.800	285.957	88,23

Vulnerabilidade final do indicador **2,00**

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação (IBGE, 200b)

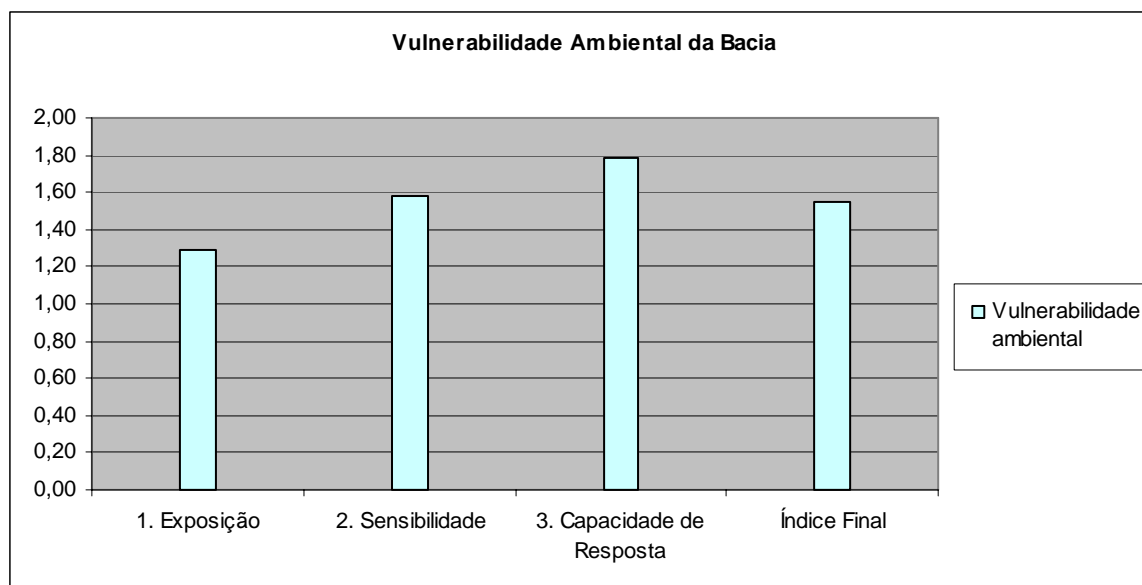
3.7 IDH-M

Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	IDH-M	Vulnerabilidade do município (IDH-M)	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Amontada - CE	1.574,90	21,82%	0,616	1,38	0,30
Irauçuba - CE	1.378,80	19,11%	0,618	1,38	0,26
Itapipoca - CE	1.186,40	16,44%	0,659	1,34	0,22
Itarema - CE	735,1	10,19%	0,601	1,40	0,14
Miraima - CE	762,7	10,57%	0,583	1,42	0,15
Paraipaba - CE	312,7	4,33%	0,666	1,33	0,06
Trairi - CE	939,1	13,01%	0,632	1,37	0,18
Tururu - CE	202,3	2,80%	0,6	1,40	0,04
Uruburetama - CE	124,9	1,73%	0,632	1,37	0,02

Vulnerabilidade final do indicador **1,38**

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000)

Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia						
Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental		
				Indicadores	Sub-índices	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,32	1,29	1,55
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,01		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,13		
	1.4 Geração de lixo per capita	0,2		1,97		
	1.5 Demanda hídrica per capita	0,2		1,01		
soma de pesos =		1				
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,40	1,59	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,58		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,80		
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,50		
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,65		
soma de pesos =		1				
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	2,00	1,78	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,88		
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,58		
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,68		
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,93		
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		2,00		
	3.7 IDH-M	0,14		1,38		
soma de pesos =		1	1			



APÊNDICE G – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Parnaíba

Dados Gerais da Bacia Hidrográfica

1. NOME DA BACIA:	Parnaíba
2. ESTADO:	Ceará
3. ÁREA (Km²):	16.806,43

4. MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA

Nome	Área (Km ²)	População total (Hab)
Ararendá - CE	353,2	10.008
Carnaubal - CE	290,9	15.230
Crateús - CE	2.787,40	70.898
Croatá - CE	381	16.064
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	35.037
Ibiapina - CE	366,5	22.157
Independência - CE	3.183,20	25.262
Ipaporanga - CE	643,6	11.247
Novo Oriente - CE	928,1	26.119
Poranga - CE	246,4	11.737
Quiterianópolis - CE	1.064,70	18.355
São Benedito - CE	299,7	39.894
Ubajara - CE	289,2	27.095

1.1. Atividade Agropecuária

Município	Área Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Área Agropecuária - 1996 (Km ²)	Atividade agropecuária na bacia (%)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Ararendá - CE	353,2	3,11%	178,13	1,62%	1,02	0,03
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	66,35	0,60%	1,01	0,03
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	978,34	8,88%	1,09	0,27
Croatá - CE	381	3,35%	151,85	1,38%	1,01	0,03
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	136,76	1,24%	1,01	0,05
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	123,58	1,12%	1,01	0,03
Independência - CE	3.183,20	28,00%	1.066,71	9,68%	1,10	0,31
Ipaporanga - CE	643,6	5,66%	225,42	2,05%	1,02	0,06
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	354,92	3,22%	1,03	0,08
Poranga - CE	246,4	2,17%	129,05	1,17%	1,01	0,02
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	462,25	4,20%	1,04	0,10
São Benedito - CE	299,7	2,64%	126,55	1,15%	1,01	0,03
Ubajara - CE	289,2	2,54%	105,63	0,96%	1,01	0,03
Vulnerabilidade final do indicador					1,06	

Fonte: Pesquisa Agropecuária: Tabela 316 - Área dos estabelecimentos por grupos de área total e utilização das terras (IBGE, 1996); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.2 Atividade Industrial						
Municípios com sede na bacia	Área do Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Pessoal Ocupado em 2005	Atividade industrial (pessoal ocupado/Km ²)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Ararendá - CE	353,2	3,11%	23	0,07	1,00	0,031
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	23	0,08	1,00	0,026
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	363	0,13	1,00	0,245
Croatá - CE	381	3,35%	9	0,02	1,00	0,034
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	83	0,16	1,00	0,047
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	34	0,09	1,00	0,032
Independência - CE	3.183,20	28,00%	38	0,01	1,00	0,280
Iporanga - CE	643,6	5,66%	5	0,01	1,00	0,057
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	10	0,01	1,00	0,082
Poranga - CE	246,4	2,17%	5	0,02	1,00	0,022
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	39	0,04	1,00	0,094
São Benedito - CE	299,7	2,64%	102	0,34	1,00	0,026
Ubajara - CE	289,2	2,54%	93	0,32	1,00	0,026
Vulnerabilidade final do indicador	1,00					

Fonte: Cadastro Central de Empresas: Tabela 1735 - Dados gerais das unidades locais por faixas de pessoal ocupado total, segundo seção da classificação de atividades (IBGE, 2005); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.3 Geração de esgoto per capita								
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município no total de municípios (%)	Volume de esgoto coletado (m ³ /dia)*	Volume de esgoto coletado (m ³ /ano)	População (moradores em domicílios particulares permanentes) atendida pela coleta de esgoto** (hab)	Geração de esgoto per capita (m ³ /hab.ano)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do
Crateús - CE	2.787,40	72,36%	1.700	620.500,00	18.657	33,26	1,26	0,91
Quiterianópolis - CE	1.064,70	27,64%	20	7.300,00	622	11,74	1,02	0,28
Vulnerabilidade final do indicador	1,19							

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: *Tabela 1825 - Volume de esgoto coletado e tratado por dia (IBGE,2000a); **Censo Demográfico: Tabela 202 - Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário (IBGE,2000b)

1.4 Geração de lixo per capita							
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Lixo coletado* (ton/dia)	População atendida pela coleta** (Hab)	Lixo per capita (Kg/Hab.dia)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Ararendá - CE	353,2	3,11%	7	2.243	3,12	2,00	0,06
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	16	3.153	5,07	2,00	0,05
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	46,8	35.428	1,32	1,87	0,46
Croatá - CE	381	3,35%	7	5.015	1,40	1,93	0,06
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	26	7.969	3,26	2,00	0,09
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	20	6.401	3,12	2,00	0,06
Independência - CE	3.183,20	28,00%	9,8	8.088	1,21	1,79	0,50
Iporanga - CE	643,6	5,66%	4,8	1.906	2,52	2,00	0,11
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	11	8.338	1,32	1,87	0,15
Poranga - CE	246,4	2,17%	7,4	3.000	2,47	2,00	0,04
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	6,5	2.710	2,40	2,00	0,19
São Benedito - CE	299,7	2,64%	28	11.209	2,50	2,00	0,05
Ubajara - CE	289,2	2,54%	31	3.776	8,21	2,00	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,90						

(IBGE,2000a); Tabela 2298 - Número de municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo por percentual de domicílios com lixo coletado; **Censo Demográfico - Tabela 185 - Domicílios particulares permanentes por situação e número de moradores; Tabela 156 - Média de moradores por domicílio (IBGE,2000b)

1.5 Demanda hídrica per capita			
Retirada Total de água total na bacia* (m3/s)	Retirada Total de água (m3/ano)	População total da bacia (hab)	Demanda Hídrica per capita (m3/hab.ano)
1,257	39.640.752,00	329.103	120,45
Vulnerabilidade final do indicador	1,06		

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004)

2.1 Áreas Prioritárias para Conservação				
Tipo de área prioritária	Vulnerabilidade do tipo de Área Prioritária	Área ocupada (Km2)	Percentual da Área Prioritária na bacia (%)	Vulnerabilidade do tipo de Área prioritária * Percentual da Área Prioritária na bacia
1 - Extremamente alta	2	4.305,70	25,62%	0,51
2 - Muito alta	1,8	2.156,40	12,83%	0,23
3 - Alta	1,6	0,00	0,00%	0,00
Insuficientemente conhecida	1,4	3.561,02	21,19%	0,30
Área não contemplada	1,2	6.783,30	40,36%	0,48
Vulnerabilidade final do indicador	1,52			

Fonte: Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira (MMA, 2006)

2.2 Aptidão Agrícola				
Classe de Aptidão	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão	Área da classe de aptidão (Km2)	Percentual da área ocupada pela classe de aptidão na bacia (%)	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão * Percentual da área ocupada pela classe
Aptidão 1	1	0	0,00%	0,00
Aptidão 2	1,2	3.142,31	18,74%	0,22
Aptidão 3	1,4	1.995,11	11,90%	0,17
Aptidão 4	1,6	0	0,00%	0,00
Aptidão 5	1,8	7.342,75	43,78%	0,79
Aptidão 6	2	4.291,45	25,59%	0,51
Vulnerabilidade final do indicador	1,69			

Fonte: Mapa de Aptidão Agrícola do Ceará (Ministério da Agricultura, 1979)

2.3 Intensidade Pluviométrica							
Nome	Latitude	Longitude	Intensidade Pluviométrica no posto (mm/mês)	Vulnerabilidade no posto	Área dos Polígonos de Thiessen (Km2)	Percentual da área do polígono na bacia(%)	Vulnerabilidade no posto * Percentual da área do polígono
Carnaubal	4°10'	40°57'	346,43	1,62	140,93	0,84%	0,01
Poranga	4°44'	40°55'	362,38	1,66	1668,63	9,93%	0,16
Croatá	4°25'	40°55'	367,14	1,67	550,49	3,28%	0,05
Guaraciaba do Norte	4°11'	40°45'	390,39	1,72	1069,60	6,36%	0,11
Ubajara	3°51'	40°55'	442,34	1,83	1585,19	9,43%	0,17
Independência	5°23'37"	40°18'46"	455,34	1,85	3276,52	19,50%	0,36
São Benedito	4°03'	40°52'	481,00	1,91	982,83	5,85%	0,11
Ipaporanga	4°53'	40°45'	491,03	1,93	1694,93	10,09%	0,19
Crateús	5°12'	40°40'	509,84	1,97	2136,19	12,71%	0,25
Novo Oriente	5°32'	40°46'	541,78	2,00	1823,34	10,85%	0,22
Ibiapina	3°55'	40°53'	551,14	2,00	218,06	1,30%	0,03
Ararendá	4°44'	40°50'	563,48	2,00	297,41	1,77%	0,04
Quiterianópolis	5°54'	40°42'	592,60	2,00	1362,13	8,10%	0,16
Vulnerabilidade final do indicador	1,87						

Fonte: Base de dados da FUNCEME 1974 a 2007 (FUNCEME, 2008)

2.4 Qualidade da Água de Irrigação										
Corpo Hídrico	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	RAS média do ponto de monitoramento	Vulnerabilidade RAS do ponto	CE média do ponto de monitoramento (dS/m)	Vulnerabilidade CE do ponto	Vulnerabilidade final no ponto (valor máximo entre CE e RAS)	Area do polígono de Thiessen (Km²)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade final no ponto * Percentual da área do polígono
Barra Velha	9.411.686	353.013	1,59	1,50	0,44	1,12	1,50	1.228,36	7,31%	0,11
Carnaubal	9.416.085	314.915	2,49	1,50	0,39	1,10	1,50	777,93	4,63%	0,07
Colina	9.354.177	310.526	3,39	1,50	0,46	1,12	1,50	1.351,96	8,04%	0,12
Cupim	9.403.918	355.710	2,99	1,50	0,23	1,05	1,50	1.168,84	6,95%	0,10
Flor do Campo	9.383.891	314.377	1,61	1,50	0,36	1,09	1,50	1.334,73	7,94%	0,12
Jaburu I	9.572.510	265.233	1,76	2,00	0,19	1,03	2,00	4.093,37	24,36%	0,49
Jaburu II	9.401.073	336.035	1,70	1,50	0,34	1,08	1,50	861,07	5,12%	0,08
Realejo	9.418.242	299.706	4,21	1,00	1,34	1,43	1,43	2.409,99	14,34%	0,20
Sucesso	9.452.112	330.929	4,47	1,50	0,44	1,12	1,50	3.580,18	21,30%	0,32
Vulnerabilidade final do indicador	1,61									

Fonte: Base de dados da COGERH (2008)

2.5 Aridez do Clima

Classe Climática	Vulnerabilidade da Classe	Área (Km ²)	Percentual da área ocupada pela classe climática (%)	Vulnerabilidade da Classe* Percentual da área ocupada pela classe
Áreas semi-áridas	1,8	12984,217	77,26%	1,39
Áreas subúmidas secas	1,6	1295,48658	7,71%	0,12
Áreas do entorno de regiões semi-áridas	1,4	2526,73253	15,03%	0,21
Áreas úmidas ou sub-úmidas (não contempladas no mapa)	1	0,00	0,00%	0,00
Vulnerabilidade final do indicador	1,72			

Fonte: Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação (MMA, 2004)

3.1 Áreas em Unidades de Conservação

Tipo de Unidade de Conservação	Nome da Unidade de Conservação	Municípios	Área (Km ²)	Percentual da área da Unidade de Conservação na bacia (%)	Percentual da área do tipo de Unidade de Conservação na bacia (%)	Vulnerabilidade * Percentual da área do tipo de Unidade
Proteção integral (vulnerabilidade = 1)	Parque Nacional de Ubajara (Decreto Federal Nº 45.954 de 30.04.59, ampliado pelo decreto de 13/12/02)	Ubajara	62,88	0,37%	0,37%	0,004
Uso sustentável (vulnerabilidade = 1,5)	Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra das Almas I (Portaria 51/00)	Crateús	47,50	0,28%	0,31%	0,005
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra das Almas II (Portaria 117/02)	Crateús	4,95	0,03%		
Sem proteção (vulnerabilidade = 2)			16.691,11		99,31%	1,986
Vulnerabilidade final do indicador	1,99					

Fonte: Unidades de Conservação existentes no Ceará (SEMACE, 2008)

3.2 Conservação do solo

Município	Área do município (Km ²)	Percentual da área na bacia (%)	Ações de gestão florestal executadas pelo município (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município*Percentual da área na bacia
Ararendá - CE	353,2	3,11%	20,00%	1,80	0,06
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	20,00%	1,80	0,05
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	20,00%	1,80	0,44
Croatá - CE	381	3,35%	0,00%	2,00	0,07
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	0,00%	2,00	0,09
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	0,00%	2,00	0,06
Independência - CE	3.183,20	28,00%	0,00%	2,00	0,56
Ipaporanga - CE	643,6	5,66%	20,00%	1,80	0,10
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	20,00%	1,80	0,15
Poranga - CE	246,4	2,17%	0,00%	2,00	0,04
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	20,00%	1,80	0,17
São Benedito - CE	299,7	2,64%	0,00%	2,00	0,05
Ubajara - CE	289,2	2,54%	20,00%	1,80	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,89				

Fonte: Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental (IBGE, 2002)

3.3 Acesso a Água Tratada												
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso ao Abastecimento de Água				Tratamento Convencional de Água				Vulnerabilidade final município	Vulnerabilidade final município * Percentual da área do município na bacia
			com acesso a rede de abastecimento de água (hab)*	População município (hab)*	Acesso a rede de água (%)	Vulnerabilidade Acesso a rede de abastecimento de água	Volume de água total distribuída (m³/dia)**	Volume de água com tratamento convencional (m³/dia)**	Acesso a tratamento convencional (%)	Vulnerabilidade Tratamento convencional da água		
Ararendá - CE	353,2	3,11%	3.584	10.008	35,81%	1,64	130	-	-	-	1,64	0,05
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	8.450	15.230	55,48%	1,45	1.069	1.069	100,00%	1,00	1,22	0,03
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	40.833	70.898	57,59%	1,42	6.394	6.199	96,95%	1,03	1,23	0,30
Croatá - CE	381	3,35%	6.739	16.064	41,95%	1,58	660	-	-	-	1,58	0,05
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	12.580	35.037	35,90%	1,64	1.432	1.277	89,18%	1,11	1,37	0,06
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	7.585	22.157	34,23%	1,66	1.035	1.025	99,03%	1,01	1,33	0,04
Independência - CE	3.183,20	28,00%	8.154	25.262	32,28%	1,68	1.724	1.609	93,33%	1,07	1,37	0,38
Ipaporanga - CE	643,6	5,66%	3.486	11.247	30,99%	1,69	145	-	-	-	1,69	0,10
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	816	26.119	3,12%	1,97	100	-	-	-	1,97	0,16
Poranga - CE	246,4	2,17%	6.134	11.737	52,26%	1,48	180	100	55,56%	1,44	1,46	0,03
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	4.206	18.355	22,91%	1,77	370	370	100,00%	1,00	1,39	0,13
São Benedito - CE	299,7	2,64%	14.937	39.894	37,44%	1,63	2.380	2.380	100,00%	1,00	1,31	0,03
Ubajara - CE	289,2	2,54%	12.631	27.095	46,62%	1,53	1.573	1.428	90,78%	1,09	1,31	0,03
Vulnerabilidade final do indicador											1,41	

Fonte: *Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1436 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e abastecimento de água (IBGE, 2000b); **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 1773 - Volume de água distribuída por dia, com tratamento de água por tipo de tratamento (IBGE, 2000b).

3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo													
Município com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso a coleta de lixo				Destino adequado do lixo coletado				Vulnerabilidade final do município ((Acesso + Destino)/2))	Vulnerabilidade final do município * Percentual da área do município na bacia	
			População Atendida pela coleta** (hab)	População do município ** (hab)	Percentual da população com serviço de coleta (%)	Vulnerabilidade Acesso a coleta de lixo	Total Destino Adequado * (t/dia)	Total Coletado* (t/dia)	Percentual do lixo coletado adequadamente (%)	Vulnerabilidade Destino adequado do lixo			
Ararendá - CE	353,2	3,11%	2.243	10.008	22,41%	1,78	-	7	-	-	1,78	0,06	
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	3.153	15.230	20,70%	1,79	-	16	-	-	1,79	0,05	
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	35.428	70.898	49,97%	1,50	-	46,8	-	-	1,50	0,37	
Croatá - CE	381	3,35%	5.015	16.064	31,22%	1,69	-	7	-	-	1,69	0,06	
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	4,70%	7.969	35.037	22,74%	1,77	-	26	-	-	1,77	0,08	
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	6.401	22.157	28,89%	1,71	-	20	-	-	1,71	0,06	
Independência - CE	3.183,20	28,00%	8.088	25.262	32,02%	1,68	9,5	9,8	96,94%	1,03	1,36	0,38	
Ipaporanga - CE	643,6	5,66%	1.906	11.247	16,95%	1,83	-	4,8	-	-	1,83	0,10	
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	8.338	26.119	31,92%	1,68	-	11	-	-	1,68	0,14	
Poranga - CE	246,4	2,17%	3.000	11.737	25,56%	1,74	5,4	7,4	72,97%	1,27	1,51	0,03	
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	2.710	18.355	14,76%	1,85	-	6,5	-	-	1,85	0,17	
São Benedito - CE	299,7	2,64%	11.209	39.894	28,10%	1,72	-	28	-	-	1,72	0,05	
Ubajara - CE	289,2	2,54%	3.776	27.095	13,94%	1,86	-	31	-	-	1,86	0,05	
Vulnerabilidade final do indicador	1,58												

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE, 2000b); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1439 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo (IBGE, 2000b)

3.5 Acesso a Esgotamento Sanitário

Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	População com acesso a esgotamento sanitário (fossa séptica e rede egeral)* (hab)	População do município** (hab)	Acesso a esgotamento sanitário (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Carnaubal - CE	290,9	2,80%	8	15.230	0,05%	2,00	0,06
Cratús - CE	2.787,40	26,87%	18.657	70.898	26,32%	1,74	0,47
Croatá - CE	381	3,67%	1.504	16.064	9,36%	1,91	0,07
Guaraciaba do Norte - CE	534,7	5,16%	11	35.037	0,03%	2,00	0,10
Ibiapina - CE	366,5	3,53%	2	22.157	0,01%	2,00	0,07
Independência - CE	3.183,20	30,69%	5.322	25.262	21,07%	1,79	0,55
Novo Oriente - CE	928,1	8,95%	239	26.119	0,92%	1,99	0,18
Poranga - CE	246,4	2,38%	9	11.737	0,08%	2,00	0,05
Quiterianópolis - CE	1.064,70	10,27%	622	18.355	3,39%	1,97	0,20
São Benedito - CE	299,7	2,89%	524	39.894	1,31%	1,99	0,06
Ubajara - CE	289,2	2,79%	901	27.095	3,33%	1,97	0,05

Vulnerabilidade final do indicador	1,86
---	-------------

Fonte: Censo Demográfico: *Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário ; **Tabela 202 - População residente por sexo e situação (IBGE, 2000b).

3.6 Disponibilidade hídrica

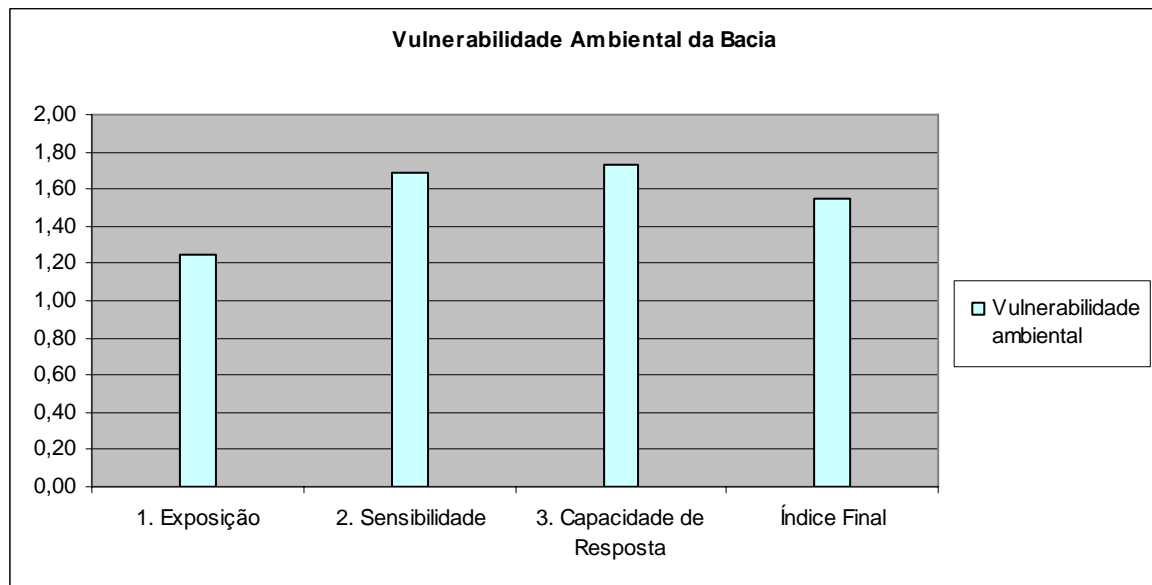
Vazão média de longo prazo na bacia* (m3/s)	Vazão média de longo prazo (m3/ano)	População dos municípios com sede na bacia** (hab)	Disponibilidade hídrica per capita (m3/hab.ano)
6,49	204.668.640,00	329.103	621,90
Vulnerabilidade final do indicador	1,99		

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e

3.7 IDH-M					
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	IDH-M	Vulnerabilidade do município (IDH-M)	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Ararendá - CE	353,2	3,11%	0,626	1,374	0,04
Carnaubal - CE	290,9	2,56%	0,609	1,391	0,04
Crateús - CE	2.787,40	24,52%	0,676	1,324	0,32
Croatá - CE	381	3,35%	0,557	1,443	0,05
Guaraciaba do Norte - C	534,7	4,70%	0,629	1,371	0,06
Ibiapina - CE	366,5	3,22%	0,646	1,354	0,04
Independência - CE	3.183,20	28,00%	0,657	1,343	0,38
Ipaporanga - CE	643,6	5,66%	0,609	1,391	0,08
Novo Oriente - CE	928,1	8,16%	0,602	1,398	0,11
Poranga - CE	246,4	2,17%	0,597	1,403	0,03
Quiterianópolis - CE	1.064,70	9,37%	0,625	1,375	0,13
São Benedito - CE	299,7	2,64%	0,618	1,382	0,04
Ubajara - CE	289,2	2,54%	0,657	1,343	0,03
Vulnerabilidade final do indicador	1,36				

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000)

Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia						
Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental		
				Indicadores	Sub-índices	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,06	1,24	1,55
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,00		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,19		
	1.4 Geração de lixo <i>per capita</i>	0,2		1,90		
	1.5 Demanda hídrica <i>per capita</i>	0,2		1,06		
	soma de pesos =			1		
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,52	1,68	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,69		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,87		
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,61		
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,72		
	soma de pesos =			1		
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,73	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,89		
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,41		
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,58		
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,86		
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		1,99		
	3.7 IDH-M	0,14		1,36		
	soma de pesos =			1		



APÊNDICE H – Indicadores de vulnerabilidade da bacia do Baixo Mundaú

Dados Gerais da Bacia Hidrográfica

1. NOME DA BACIA:	Baixo Mundaú
2. ESTADO:	Ceará
3. ÁREA (Km2):	13.039,28

4. MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA		
Nome	Área (Km2)	População total (Hab)
Anadia - AL	189,5	17.849
Atalaia - AL	532	40.552
Barra de Santo Antônio - AL	138	11.351
Barra de São Miguel - AL	76,6	6.379
Belém - AL	48,2	5.919
Boca da Mata - AL	186,6	24.227
Branquinha - AL	191	11.325
Cajueiro - AL	124,3	18.975
Campo Alegre - AL	295,1	41.028
Capela - AL	205,3	18.693
Chã Preta - AL	201,3	7.760
Coité do Nóia - AL	88,5	11.993
Coqueiro Seco - AL	40,3	5.134
Coruripe - AL	967,4	48.846
Feliz Deserto - AL	91,8	3.836
Flexeiras - AL	315,8	11.979
Ibateguara - AL	254,5	15.105
Igaci - AL	333,6	25.584
Japaratinga - AL	85,5	6.868
Joaquim Gomes - AL	241	21.488
Jundiá - AL	119,7	4.680
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	24.263
Maceió - AL	510,7	797.759
Maragogi - AL	333,6	21.832
Marechal Deodoro - AL	361,9	35.866
Maribondo - AL	171,3	15.145
Mar Vermelho - AL	91,6	4.078
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	24.017
Messias - AL	112,9	11.990
Murici - AL	424	24.671
Palmeira dos Índios - AL	460,6	68.060
Paripueira - AL	92,7	8.049
Passo de Camaragibe - AL	187,2	13.755
Paulo Jacinto - AL	107,7	7.485
Pilar - AL	220,7	31.201
Pindoba - AL	83,2	2.926
Porto Calvo - AL	260,2	23.951
Porto de Pedras - AL	266,2	10.238
Quebrangulo - AL	320	11.902
Rio Largo - AL	309,4	62.510
Roteiro - AL	129,3	6.985
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	6.388
Santana do Mundaú - AL	225,5	11.534
São José da Laje - AL	272,7	21.071
São Luis do Quitunde - AL	404	29.543
São Miguel dos Campos - AL	657,6	51.456
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	5.860
Satuba - AL	42,6	12.555
Tanque d'Arca - AL	156	6.594
Taquarana - AL	166,5	17.046
Teotônio Vilela - AL	297,9	36.881
União dos Palmares - AL	427,8	58.620
Viçosa - AL	355	26.263

1.1. Atividade Agropecuária						
Município	Área Município (Km²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Área Agropecuária - 1996 (Km²)	Atividade agropecuária na bacia (%)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Anadia - AL	189,5	1,57%	136,21	71,88%	1,72	0,03
Atalaia - AL	532	4,40%	488,22	91,77%	1,92	0,08
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,14%	50,40	36,52%	1,37	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,63%	18,94	24,73%	1,25	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,54%	130,41	69,89%	1,70	0,03
Branquinha - AL	191	1,58%	128,10	67,07%	1,67	0,03
Cajueiro - AL	124,3	1,03%	55,54	44,68%	1,45	0,01
Campo Alegre - AL	295,1	2,44%	191,25	64,81%	1,65	0,04
Chã Preta - AL	201,3	1,67%	122,35	60,78%	1,61	0,03
Coité do Nóia - AL	88,5	0,73%	68,67	77,60%	1,78	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,33%	13,15	32,64%	1,33	0,00
Coruripe - AL	967,4	8,00%	724,51	74,89%	1,75	0,14
Feliz Deserto - AL	91,8	0,76%	54,04	58,87%	1,59	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,61%	189,47	60,00%	1,60	0,04
Ibateguara - AL	254,5	2,11%	136,89	53,79%	1,54	0,03
Igaci - AL	333,6	2,76%	298,18	89,38%	1,89	0,05
Japaratinga - AL	85,5	0,71%	49,76	58,20%	1,58	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	1,99%	170,24	70,64%	1,71	0,03
Jundiá - AL	119,7	0,99%	65,77	54,94%	1,55	0,02
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,77%	154,08	46,08%	1,46	0,04
Maceió - AL	510,7	4,23%	107,82	21,11%	1,21	0,05
Maragogi - AL	333,6	2,76%	111,77	33,50%	1,34	0,04
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,99%	170,78	47,19%	1,47	0,04
Maribondo - AL	171,3	1,42%	147,02	85,83%	1,86	0,03
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,71%	164,05	50,06%	1,50	0,04
Messias - AL	112,9	0,93%	69,74	61,77%	1,62	0,02
Murici - AL	424	3,51%	255,17	60,18%	1,60	0,06
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,81%	353,20	76,68%	1,77	0,07
Paripueira - AL	92,7	0,77%	30,65	33,07%	1,33	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,55%	98,76	52,76%	1,53	0,02
Pilar - AL	220,7	1,83%	182,76	82,81%	1,83	0,03
Porto Calvo - AL	260,2	2,15%	218,39	83,93%	1,84	0,04
Porto de Pedras - AL	266,2	2,20%	177,39	66,64%	1,67	0,04
Quebrangulo - AL	320	2,65%	259,46	81,08%	1,81	0,05
Roteiro - AL	129,3	1,07%	75,15	58,12%	1,58	0,02
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,24%	6,71	23,54%	1,24	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,87%	218,63	96,95%	1,97	0,04
São José da Laje - AL	272,7	2,26%	188,23	69,02%	1,69	0,04
São Luís do Quitunde - AL	404	3,34%	198,25	49,07%	1,49	0,05
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,44%	462,60	70,35%	1,70	0,09
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,54%	36,32	55,70%	1,56	0,01
Satuba - AL	42,6	0,35%	20,10	47,19%	1,47	0,01
Tanque d'Arca - AL	156	1,29%	105,97	67,93%	1,68	0,02
Taquarana - AL	166,5	1,38%	149,21	89,62%	1,90	0,03
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,46%	191,00	64,12%	1,64	0,04
União dos Palmares - AL	427,8	3,54%	348,84	81,54%	1,82	0,06
Viçosa - AL	355	2,94%	240,46	67,74%	1,68	0,05
Vulnerabilidade final do indicador		1,65				

Fonte: Pesquisa Agropecuária: Tabela 316 - Área dos estabelecimentos por grupos de área total e utilização das terras (IBGE, 1996); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.2 Atividade Industrial						
Municípios com sede na bacia	Área do Município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Pessoal Ocupado em 2005	Atividade industrial (pessoal ocupado.Km ⁻²)	Valor da vulnerabilidade do município	Valor da vulnerabilidade do município * Percentual da área do município
Anadia - AL	189,5	1,57%	6	0,032	1,00	0,02
Atalaia - AL	532	4,41%	23	0,043	1,00	0,04
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,15%	5	0,036	1,00	0,01
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,64%	10	0,131	1,00	0,01
Belém - AL	48,2	0,40%	1	0,021	1,00	0,00
Boca da Mata - AL	186,6	1,55%	9	0,048	1,00	0,02
Branquinha - AL	191	1,59%	2	0,010	1,00	0,02
Cajueiro - AL	124,3	1,03%	5	0,040	1,00	0,01
Campo Alegre - AL	295,1	2,45%	3	0,010	1,00	0,02
Capela - AL	205,3	1,70%	8	0,039	1,00	0,02
Chã Preta - AL	201,3	1,67%	4	0,020	1,00	0,02
Coité do Nóia - AL	88,5	0,73%	1	0,011	1,00	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,33%	3	0,074	1,00	0,00
Coruripe - AL	967,4	8,03%	42	0,043	1,00	0,08
Feliz Deserto - AL	91,8	0,76%	1	0,011	1,00	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,62%	4	0,013	1,00	0,03
Ibateguara - AL	254,5	2,11%	11	0,043	1,00	0,02
Igaci - AL	333,6	2,77%	8	0,024	1,00	0,03
Japaratinga - AL	85,5	0,71%	5	0,058	1,00	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	2,00%	9	0,037	1,00	0,02
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,78%	2	0,006	1,00	0,03
Maceió - AL	510,7	4,24%	1.296	2,538	1,02	0,04
Maragogi - AL	333,6	2,77%	14	0,042	1,00	0,03
Marechal Deodoro - AL	361,9	3,00%	41	0,113	1,00	0,03
Maribondo - AL	171,3	1,42%	7	0,041	1,00	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,72%	13	0,040	1,00	0,03
Messias - AL	112,9	0,94%	5	0,044	1,00	0,01
Murici - AL	424	3,52%	27	0,064	1,00	0,04
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,82%	65	0,141	1,00	0,04
Paripueira - AL	92,7	0,77%	1	0,011	1,00	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,55%	4	0,021	1,00	0,02
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,89%	2	0,019	1,00	0,01
Pilar - AL	220,7	1,83%	28	0,127	1,00	0,02
Porto Calvo - AL	260,2	2,16%	11	0,042	1,00	0,02
Rio Largo - AL	309,4	2,57%	68	0,220	1,00	0,03
Roteiro - AL	129,3	1,07%	1	0,008	1,00	0,01
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,24%	6	0,211	1,00	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,87%	6	0,027	1,00	0,02
São José da Laje - AL	272,7	2,26%	15	0,055	1,00	0,02
São Luís do Quitunde - AL	404	3,35%	9	0,022	1,00	0,03
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,46%	68	0,103	1,00	0,05
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,54%	2	0,031	1,00	0,01
Satuba - AL	42,6	0,35%	8	0,188	1,00	0,00
Tanque d'Arca - AL	156	1,29%	1	0,006	1,00	0,01
Taquarana - AL	166,5	1,38%	9	0,054	1,00	0,01
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,47%	12	0,040	1,00	0,02
União dos Palmares - AL	427,8	3,55%	45	0,105	1,00	0,04
Viçosa - AL	355	2,95%	17	0,048	1,00	0,03
Vulnerabilidade final do indicador						1,00

Fonte: Cadastro Central de Empresas: Tabela 1735 - Dados gerais das unidades locais por faixas de pessoal ocupado total, segundo seção da classificação de atividades (IBGE, 2005); Tabela 1301 - Área e Densidade demográfica da unidade territorial (IBGE, 2000b)

1.3 Geração de esgoto per capita								
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município no total de municípios (%)	Volume de esgoto coletado (m3/dia)*	Volume de esgoto coletado (m3/ano)	População (moradores em domicílios particulares permanentes) atendida pela coleta de esgoto** (hab)	Geração de esgoto per capita (m3/hab.ano)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do
Anadia - AL	532	9,69%	300	109.500	300	365,00	2,00	0,19
Barra de São Miguel - AL	76,6	1,39%	270	98.550	1.069	92,19	1,91	0,03
Boca da Mata - AL	186,6	3,40%	5.000	1.825.000	10.864	167,99	2,76	0,09
Capela - AL	205,3	3,74%	150	54.750	6.106	8,97	1,00	0,04
Japaratinga - AL	85,5	1,56%	100	36.500	58	629,31	2,00	0,03
Maceió - AL	510,7	9,30%	31.476	11.488.740	182.765	62,86	1,59	0,15
Maragogi - AL	333,6	6,07%	7	2.555	113	22,61	1,14	0,07
Marechal Deodoro - AL	361,9	6,59%	800	292.000	2.127	137,28	2,00	0,13
Maribondo - AL	171,3	3,12%	285	104.025	8.365	12,44	1,03	0,03
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	5,97%	6	2.190	946	2,32	0,91	0,05
Messias - AL	112,9	2,06%	350	127.750	318	401,73	2,00	0,04
Passo de Camaragibe - AL	187,2	3,41%	9	3.285	29	113,28	2,00	0,07
Porto Calvo - AL	260,2	4,74%	10	3.650	479	7,62	0,97	0,05
Porto de Pedras - AL	266,2	4,85%	11	4.015	52	77,21	1,75	0,08
Quebrangulo - AL	320	5,83%	90	32.850	565	58,14	1,53	0,09
São Luís do Quitunde - AL	404	7,36%	5	1.825	284	6,43	0,96	0,07
São Miguel dos Campos - AL	657,6	11,97%	385	140.525	24.758	5,68	0,95	0,11
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	1,19%	1	365	5	73,00	1,70	0,02
União dos Palmares - AL	427,8	7,79%	117	42.705	22.784	1,87	0,91	0,07
Vulnerabilidade final do indicador								1,42

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: *Tabela 1825 - Volume de esgoto coletado e tratado por dia (IBGE,2000a); **Censo Demográfico: Tabela 202 - Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e tipo do esgotamento sanitário (IBGE,2000b)

1.4 Geração de lixo per capita							
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Lixo coletado* (ton/dia)	População atendida pela coleta** (Hab)	Lixo per capita (Kg/Hab.dia)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Anadia - AL	189,5	1,48%	15	12.107	1,24	1,81	0,03
Atalaia - AL	532	4,16%	15	18.396	0,82	1,51	0,06
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,08%	17	6.552	2,59	2,00	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,60%	2,7	5.119	0,53	1,31	0,01
Belém - AL	48,2	0,38%	7	2.147	3,26	2,00	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,46%	40	17.960	2,23	2,00	0,03
Branquinha - AL	191	1,49%	6	4.647	1,29	1,85	0,03
Cajueiro - AL	124,3	0,97%	30	12.902	2,33	2,00	0,02
Campo Alegre - AL	295,1	2,31%	13	33.319	0,39	1,21	0,03
Capela - AL	205,3	1,60%	13,5	9.806	1,38	1,91	0,03
Chã Preta - AL	201,3	1,57%	5	3.402	1,47	1,98	0,03
Coité do Nóia - AL	88,5	0,69%	3,5	2.423	1,44	1,96	0,01
Coruripe - AL	967,4	7,56%	56	30.775	1,82	2,00	0,15
Flexeiras - AL	315,8	2,47%	9	6.541	1,38	1,91	0,05
Ibateguara - AL	254,5	1,99%	11	7.889	1,39	1,92	0,04
Igaci - AL	333,6	2,61%	6	6.054	0,99	1,64	0,04
Japaratinga - AL	85,5	0,67%	5	2.761	1,81	2,00	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	1,88%	20	8.790	2,28	2,00	0,04
Jundiá	119,7	0,94%	1	2.018	0,50	1,28	0,01
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,61%	7,5	7.686	0,98	1,63	0,04
Maceió - AL	510,7	3,99%	1.050,00	733.673	1,43	1,95	0,08
Maragogi - AL	333,6	2,61%	8	9.932	0,81	1,50	0,04
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,83%	60	25.586	2,35	2,00	0,06
Maribondo - AL	171,3	1,34%	18	9.669	1,86	2,00	0,03
Mar Vermelho - AL	91,6	0,72%	3	1.371	2,19	2,00	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,56%	5	15.974	0,31	1,15	0,03
Messias - AL	112,9	0,88%	8	8.174	0,98	1,63	0,01
Murici - AL	424	3,31%	21	14.193	1,48	1,99	0,07
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,60%	32,5	42.642	0,76	1,47	0,05
Paripueira - AL	92,7	0,72%	5	5.306	0,94	1,60	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,46%	7,2	6.876	1,05	1,68	0,02
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,84%	3,5	4.568	0,77	1,48	0,01
Pilar - AL	220,7	1,72%	15	26.593	0,56	1,33	0,02
Pindoba - AL	83,2	0,65%	1,3	1.153	1,13	1,73	0,01
Porto Calvo - AL	260,2	2,03%	6	14.283	0,42	1,23	0,02
Porto de Pedras - AL	266,2	2,08%	3	1.517	1,98	2,00	0,04
Quebrangulo - AL	320	2,50%	5,5	5.984	0,92	1,59	0,04
Rio Largo - AL	309,4	2,42%	33	50.943	0,65	1,39	0,03
Roteiro - AL	129,3	1,01%	3,8	5.020	0,76	1,47	0,01
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,22%	7	5.233	1,34	1,88	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,76%	11	4.174	2,64	2,00	0,04
São José da Laje - AL	272,7	2,13%	22	12.997	1,69	2,00	0,04
São Luís do Quitunde - AL	404	3,16%	9	14.316	0,63	1,38	0,04
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,14%	29	38.830	0,75	1,46	0,08
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,51%	6	1.593	3,77	2,00	0,01
Satuba - AL	42,6	0,33%	9	10.876	0,83	1,52	0,01
Tanque d'Arca - AL	156	1,22%	5	2.996	1,67	2,00	0,02
Taquarana - AL	166,5	1,30%	3	3.712	0,81	1,51	0,02
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,33%	15	27.163	0,55	1,32	0,03
União dos Palmares - AL	427,8	3,34%	70	39.086	1,79	2,00	0,07
Viçosa - AL	355	2,77%	19	16.328	1,16	1,76	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,71						

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE,2000a);

1.5 Demanda hídrica per capita			
Retirada Total de água total na bacia* (m3/s)	Retirada Total de água (m3/ano)	População total da bacia (hab)	Demanda Hídrica per capita (m3/hab.ano)
53,297	1.680.774.192,00	1.850.065	908,49
Vulnerabilidade final do indicador	1,60		

Fonte: *Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH, 2004)

2.1 Áreas Prioritárias para Conservação

Tipo de área prioritária	Vulnerabilidade do tipo de Área Prioritária	Área ocupada (Km ²)	Percentual da Área Prioritária na bacia (%)	Vulnerabilidade do tipo de Área prioritária * Percentual da Área Prioritária na bacia
1 - Extremamente alta	2	2.557,15	19,61%	0,39
2 - Muito alta	1,8	291,52	2,24%	0,04
3 - Alta	1,6	218,05	1,67%	0,03
Insuficientemente conhecida	1,4	1.860,41	14,27%	0,20
Área não contemplada	1,2	8.112,15	62,21%	0,75
Vulnerabilidade final do indicador		1,41		

Fonte: Mapa das Áreas Prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira (MMA, 2006)

2.2 Aptidão Agrícola

Classe de Aptidão	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão	Área da classe de aptidão (Km ²)	Percentual da área ocupada pela classe de aptidão na bacia (%)	Vulnerabilidade da Classe de Aptidão * Percentual da área ocupada pela classe
Aptidão 1	1	224,31	1,73%	0,02
Aptidão 2	1,2	10.462,52	80,64%	0,97
Aptidão 3	1,4	495,87	3,82%	0,05
Aptidão 4	1,6	597,59	4,61%	0,07
Aptidão 5	1,8	978,14	7,54%	0,14
Aptidão 6	2	215,65	1,66%	0,03
Vulnerabilidade final do indicador		1,28		

Fonte: Mapa de Aptidão Agrícola do Ceará (Ministério da Agricultura, 1979)

2.3 Intensidade Pluviométrica

Nome	Latitude	Longitude	Intensidade Pluviométrica no posto (mm/mês)	Vulnerabilidade no posto	Área dos Polígonos de Thiessen (Km ²)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade no posto * Percentual da área do polígono
Atalaia	09°31'S	36°01'W	370,82	1,68	1551,32	11,90%	0,20
Capela	09°26'S	36°05'W	336,48	1,60	324,29	2,49%	0,04
Matriz de Camaragibe	09°10'S	35°31'W	669,18	2,00	625,89	4,80%	0,10
Manguba	09°04'S	36°12'W	1047,10	2,00	1989,91	15,26%	0,31
Murici	09°19'S	35°56'W	369,33	1,67	1409,85	10,81%	0,18
Palmeira dos Índios	09°24'S	36°39'W	305,24	1,54	535,47	4,11%	0,06
Passo de Camaragibe	09°14'S	35°29'W	479,54	1,90	821,95	6,30%	0,12
Pindoba	09°27'S	36°12'W	343,21	1,62	745,26	5,72%	0,09
Quebrangulo	09°20'S	36°29'W	459,17	1,86	526,86	4,04%	0,08
Santana do Mundaú	09°10'S	36°13'W	289,82	1,50	541,04	4,15%	0,06
Satuba	09°35'S	35°49'W	449,62	1,84	1474,42	11,31%	0,21
Tanque Darca	09°32'S	36°26'W	408,30	1,75	2493,03	19,12%	0,34
Vulnerabilidade final do indicador		1,78					

Fonte: Base de dados da SUDENE, período 1963 a 1973 (SUDENE, 2008)

2.4 Qualidade da Água de Irrigação										
Corpo Hídrico	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	RAS média do ponto de monitoramento	Vulnerabilidade RAS do ponto	CE média do ponto de monitoramento (dS/m)	Vulnerabilidade CE do ponto	Vulnerabilidade final no ponto (valor máximo entre CE e RAS)	Area do polígono de Thiessen (Km ²)	Percentual da área do polígono na bacia (%)	Vulnerabilidade final no ponto * Percentual da área do polígono
Fazenda Boa Furtuna	-09 28 02	-35 51 35	-	-	0,403	1,10	1,10	5.744,98	44,06%	0,49
Camaçari	-10 01 52	-36 18 13	-	-	0,907	1,28	1,28	3.978,87	30,51%	0,39
Matriz de Camaragibe	-09 07 47	-35 32 51	-	-	0,174	1,03	1,03	3.315,39	25,43%	0,26
Vulnerabilidade final do indicador	1,14									

Fonte: Base de dados da ANA para os anos de 1977 a 2007 (ANA,2007)

2.5 Aridez do Clima				
Classe Climática	Vulnerabilidade da Classe	Área (Km ²)	Percentual da área ocupada pela classe climática (%)	Vulnerabilidade da Classe* Percentual da área ocupada pela classe
Áreas semi-áridas	1,8	250,00	1,92%	0,03
Áreas subúmidas secas	1,6	1.089,51	8,36%	0,13
Áreas do entorno de regiões semi-áridas	1,4	1.859,89	14,26%	0,20
Áreas úmidas ou sub-úmidas (não contempladas no mapa)	1	9.839,89	75,46%	0,75
Vulnerabilidade final do indicador	1,12			

Fonte: Mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação (MMA, 2004)

3.1 Áreas em Unidades de Conservação						
Tipo de Unidade de Conservação	Nome da Unidade de Conservação	Municípios	Área (Km2)	Percentual da área da Unidade de Conservação na bacia (%)	Percentual da área do tipo de Unidade de Conservação na bacia (%)	Vulnerabilidade * Percentual da área do tipo de Unidade
Proteção integral (vulnerabilidade = 1)	Estação Ecológica de Murici (Decreto s/n., de 28/05/2001)	Murici e Messias	61,16	0,47%	0,67%	0,01
	Reserva Biológica da Pedra Talhada (Decreto nº 98.524 de 13/12/1989)	Capela, Cajueiro, Viçosa e Quebrangolo	26,82	0,21%		
Uso sustentável (vulnerabilidade = 1,5)	Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu (Decreto 88.421, de 21/06/1983)	Piaçabuçu	91,42	0,70%	0,74%	0,01
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Lula do Lobo I (Portaria 111/01)	Coruripe	0,69	0,01%		
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Pereira (Portaria 113/01)	Coruripe	2,20	0,02%		
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda São Pedro (Portaria 12 (1995/N))	Pilar	0,50	0,004%		
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Rosa do Sol (Portaria 119 (1994/ N))	Barra do São Miguel	0,16	0,001%		
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Gulandim (Portaria 98/01)	Teotônio Vilela	0,41	0,003%		
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Reserva Santa Tereza (Portaria 120/01)	Atalaia	1,01	0,01%		
Sem proteção (vulnerabilidade = 2)			12.854,92		98,59%	1,97
Vulnerabilidade final do indicador	1,99					

Fonte: Unidades de Conservação existentes no Ceará (SEMACE, 2008)

3.2 Conservação do solo					
Município	Área do município (Km²)	Percentual da área na bacia (%)	Ações de gestão florestal executadas pelo município (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município*Percentual da área na bacia
Anadia - AL	189,5	1,47%	20%	1,80	0,03
Atalaia - AL	532	4,11%	0%	2,00	0,08
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,07%	0%	2,00	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,59%	0%	2,00	0,01
Belém - AL	48,2	0,37%	0%	2,00	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,44%	0%	2,00	0,03
Branquinha - AL	191	1,48%	0%	2,00	0,03
Cajueiro - AL	124,3	0,96%	0%	2,00	0,02
Campo Alegre - AL	295,1	2,28%	20%	1,80	0,04
Capela - AL	205,3	1,59%	0%	2,00	0,03
Chã Preta - AL	201,3	1,56%	60%	1,40	0,02
Coité do Nóia - AL	88,5	0,68%	0%	2,00	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,31%	0%	2,00	0,01
Coruripe - AL	967,4	7,48%	0%	2,00	0,15
Feliz Deserto - AL	91,8	0,71%	0%	2,00	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,44%	0%	2,00	0,05
Ibateguara - AL	254,5	1,97%	40%	1,60	0,03
Igaci - AL	333,6	2,58%	20%	1,80	0,05
Japaratinga - AL	85,5	0,66%	0%	2,00	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	1,86%	0%	2,00	0,04
Jundiá - AL	119,7	0,93%	0%	2,00	0,02
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,59%	0%	2,00	0,05
Maceió - AL	510,7	3,95%	60%	1,40	0,06
Maragogi - AL	333,6	2,58%	20%	1,80	0,05
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,80%	0%	2,00	0,06
Maribondo - AL	171,3	1,32%	0%	2,00	0,03
Mar Vermelho - AL	91,6	0,71%	0%	2,00	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,53%	20%	1,80	0,05
Messias - AL	112,9	0,87%	0%	2,00	0,02
Murici - AL	424	3,28%	0%	2,00	0,07
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,56%	0%	2,00	0,07
Paripueira - AL	92,7	0,72%	0%	2,00	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,45%	0%	2,00	0,03
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,83%	0%	2,00	0,02
Pilar - AL	220,7	1,71%	20%	1,80	0,03
Pindoba - AL	83,2	0,64%	20%	1,80	0,01
Porto Calvo - AL	260,2	2,01%	0%	2,00	0,04
Porto de Pedras - AL	266,2	2,06%	0%	2,00	0,04
Quebrangulo - AL	320	2,47%	0%	2,00	0,05
Rio Largo - AL	309,4	2,39%	0%	2,00	0,05
Roteiro - AL	129,3	1,00%	0%	2,00	0,02
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,22%	0%	2,00	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,74%	0%	2,00	0,03
São José da Laje - AL	272,7	2,11%	0%	2,00	0,04
São Luís do Quitunde - AL	404	3,12%	0%	2,00	0,06
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,09%	0%	2,00	0,10
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,50%	20%	1,80	0,01
Satuba - AL	42,6	0,33%	20%	1,80	0,01
Tanque d'Arca - AL	156	1,21%	0%	2,00	0,02
Taquarana - AL	166,5	1,29%	0%	2,00	0,03
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,30%	0%	2,00	0,05
União dos Palmares - AL	427,8	3,31%	20%	1,80	0,06
Viçosa - AL	355	2,75%	0%	2,00	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,92				

Fonte: Pesquisa Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente: instrumentos de gestão ambiental (IBGE, 2002)

3.3 Acesso a Água Tratada												
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso ao Abastecimento de Água				Tratamento Convencional de Água				Vulnerabilidade final município	Vulnerabilidade final município * Percentual da área do município na bacia
			População com acesso a rede de abastecimento de água (hab)*	População município (hab)*	Acesso a rede de água (%)	Vulnerabilidade Acesso a rede de abastecimento de água	Volume de água total distribuída (m³/dia)**	Volume de água com tratamento convencional (m³/dia)**	Acesso a tratamento convencional (%)	Vulnerabilidade Tratamento convencional da água		
Anadia - AL	189,5	1,47%	7.308	17.849	40,94%	1,59	1.200	0	0,00%	2,00	1,80	0,03
Atalaia - AL	532	4,11%	16.675	40.552	41,12%	1,59	2.276	1.920	84,36%	1,16	1,37	0,06
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,07%	8.253	11.351	72,71%	1,27	1.777	0	0,00%	2,00	1,64	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,59%	5.285	6.379	82,85%	1,17	2.765	2.765	100,00%	1,00	1,09	0,01
Belém - AL	48,2	0,37%	1.359	5.919	22,96%	1,77	65	0	0,00%	2,00	1,89	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,44%	13.807	24.227	56,99%	1,43	1.762	1.762	100,00%	1,00	1,22	0,02
Branquinha - AL	191	1,48%	4.707	11.325	41,56%	1,58	397	397	100,00%	1,00	1,29	0,02
Cajueiro - AL	124,3	0,96%	13.342	18.975	70,31%	1,30	984	984	100,00%	1,00	1,15	0,01
Campo Alegre - AL	295,1	2,28%	28.593	41.028	69,69%	1,30	1.300	1.300	100,00%	1,00	1,15	0,03
Capela - AL	205,3	1,59%	8.812	18.693	47,14%	1,53	1.435	1.235	86,06%	1,14	1,33	0,02
Chã Preta - AL	201,3	1,56%	2.644	7.760	34,07%	1,66	260	0	0,00%	2,00	1,83	0,03
Coité do Nôia - AL	88,5	0,68%	1.994	11.993	16,63%	1,83	245	245	100,00%	1,00	1,42	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,31%	4.005	5.134	78,01%	1,22	438	0	0,00%	2,00	1,61	0,01
Coruripe - AL	967,4	7,48%	35.487	48.846	72,65%	1,27	1.274	0	0,00%	2,00	1,64	0,12
Feliz Deserto - AL	91,8	0,71%	3.473	3.836	90,54%	1,09	-	-	-	-	1,09	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,44%	5.087	11.979	42,47%	1,58	830	0	0,00%	2,00	1,79	0,04
Ibateguara - AL	254,5	1,97%	6.448	15.105	42,69%	1,57	970	0	0,00%	2,00	1,79	0,04
Igaci - AL	333,6	2,58%	12.398	25.584	48,46%	1,52	981	981	100,00%	1,00	1,26	0,03
Japaratinga - AL	85,5	0,66%	1.960	6.868	28,54%	1,71	1.200	0	0,00%	2,00	1,86	0,01
Joaquim Gomes -	241	1,86%	9.090	21.488	42,30%	1,58	703	703	100,00%	1,00	1,29	0,02
Jundiá - AL	119,7	0,93%	939	4.680	20,06%	1,80	60	60	100,00%	1,00	1,40	0,01
Limoeiro de Anadia AL	334,4	2,59%	2.353	24.263	9,70%	1,90	540	540	100,00%	1,00	1,45	0,04
Maceió - AL	510,7	3,95%	642.015	797.759	80,48%	1,20	164.373	60.850	37,02%	1,63	1,41	0,06
Maragogi - AL	333,6	2,58%	9.067	21.832	41,53%	1,58	1.436	0	0,00%	2,00	1,79	0,05
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,80%	24.803	35.866	69,15%	1,31	7.008	4.320	61,64%	1,38	1,35	0,04
Maribondo - AL	171,3	1,32%	7.287	15.145	48,11%	1,52	1.350	0	0,00%	2,00	1,76	0,02
Mar Vermelho - AL	91,6	0,71%	1.519	4.078	37,25%	1,63	200	200	100,00%	1,00	1,31	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,53%	13.338	24.017	55,54%	1,44	1.771	0	0,00%	2,00	1,72	0,04
Messias - AL	112,9	0,87%	8.325	11.990	69,43%	1,31	744	0	0,00%	2,00	1,65	0,01

3.3 Acesso a Água Tratada												
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km ²)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso ao Abastecimento de Água				Tratamento Convencional de Água				Vulnerabilidade final município	Vulnerabilidade final município * Percentual da área do município na bacia
			População com acesso a rede de abastecimento de água (hab)*	População município (hab)*	Acesso a rede de água (%)	Vulnerabilidade Acesso a rede de abastecimento de água	Volume de água total distribuída (m ³ /dia)**	Volume de água com tratamento convencional (m ³ /dia)**	Acesso a tratamento convencional (%)	Vulnerabilidade Tratamento convencional da água		
Murici - AL	424	3,28%	15.022	24.671	60,89%	1,39	1.116	0	0,00%	2,00	1,70	0,06
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,56%	48.784	68.060	71,68%	1,28	10.839	4.939	45,57%	1,54	1,41	0,05
Paripueira - AL	92,7	0,72%	4.191	8.049	52,07%	1,48	2.085	0	0,00%	2,00	1,74	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,45%	4.369	13.755	31,76%	1,68	830	0	0,00%	2,00	1,84	0,03
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,83%	4.471	7.485	59,73%	1,40	1.000	1.000	100,00%	1,00	1,20	0,01
Pilar - AL	220,7	1,71%	24.314	31.201	77,93%	1,22	3.548	3.328	93,80%	1,06	1,14	0,02
Pindoba - AL	83,2	0,64%	514	2.926	17,57%	1,82	1.180	0	0,00%	2,00	1,91	0,01
Porto Calvo - AL	260,2	2,01%	13.315	23.951	55,59%	1,44	3.000	3.000	100,00%	1,00	1,22	0,02
Porto de Pedras - AL	266,2	2,06%	1.674	10.238	16,35%	1,84	1.310	1.060	80,92%	1,19	1,51	0,03
Quebrangulo - AL	320	2,47%	6.240	11.902	52,43%	1,48	2.000	2.000	100,00%	1,00	1,24	0,03
Rio Largo - AL	309,4	2,39%	44.531	62.510	71,24%	1,29	6.896	4.468	64,79%	1,35	1,32	0,03
Roteiro - AL	129,3	1,00%	2.632	6.985	37,68%	1,62	360	360	100,00%	1,00	1,31	0,01
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,22%	4.642	6.388	72,67%	1,27	720	0	0,00%	2,00	1,64	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,74%	3.879	11.534	33,63%	1,66	350	350	100,00%	1,00	1,33	0,02
São José da Laje - AL	272,7	2,11%	11.672	21.071	55,39%	1,45	1.680	1.344	80,00%	1,20	1,32	0,03
São Luís do Quitunde - AL	404	3,12%	10.263	29.543	34,74%	1,65	1.230	1.230	100,00%	1,00	1,33	0,04
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,09%	37.420	51.456	72,72%	1,27	3.621	0	0,00%	2,00	1,64	0,08
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,50%	4.007	5.860	68,38%	1,32	740	740	100,00%	1,00	1,16	0,01
Satuba - AL	42,6	0,33%	8.852	12.555	70,51%	1,29	2.157	1.056	48,96%	1,51	1,40	0,00
Tanque d'Arca - AL	156	1,21%	1.905	6.594	28,89%	1,71	50	50	100,00%	1,00	1,36	0,02
Taquarana - AL	166,5	1,29%	4.135	17.046	24,26%	1,76	37	37	100,00%	1,00	1,38	0,02
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,30%	20.745	36.881	56,25%	1,44	4.216	4.216	100,00%	1,00	1,22	0,03
União dos Palmares - AL	427,8	3,31%	39.442	58.620	67,28%	1,33	8.432	8.272	98,10%	1,02	1,17	0,04
Viçosa - AL	355	2,75%	16.105	26.263	61,32%	1,39	3.567	3.507	98,32%	1,02	1,20	0,03
Vulnerabilidade final do indicador		1,45										

Fonte: *Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1436 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e abastecimento de água (IBGE, 2000b); **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 1773 - Volume de água distribuída por dia, com tratamento de água por tipo de tratamento (IBGE, 2000b).

3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo												
Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso a coleta de lixo				Destino adequado do lixo coletado				Vulnerabilidade final do município ((Acesso + Destino)/2))	Vulnerabilidade final do município * Percentual da área do município na bacia
			População Atendida pela coleta** (hab)	População do município ** (hab)	Percentual da população com serviço de coleta (%)	Vulnerabilidade Acesso a coleta de lixo	Total Destino Adequado * (t/dia)	Total Coletado* (t/dia)	Percentual do lixo coletado adequadamente (%)	Vulnerabilidade Destino adequado do lixo		
Anadia - AL	189,5	1,47%	12.107	17.849	67,83%	1,32	15	0	0,00%	2,00	1,66	0,02
Atalaia - AL	532	4,11%	18.396	40.552	45,36%	1,55	15	0	0,00%	2,00	1,77	0,07
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,07%	6.552	11.351	57,72%	1,42	17	0	0,00%	2,00	1,71	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,59%	5.119	6.379	80,25%	1,20	2,7	0	0,00%	2,00	1,60	0,01
Belém - AL	48,2	0,37%	2.147	5.919	36,27%	1,64	7	0	0,00%	2,00	1,82	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,44%	17.960	24.227	74,13%	1,26	40	0	0,00%	2,00	1,63	0,02
Branquinha - AL	191	1,48%	4.647	11.325	41,03%	1,59	6	0	0,00%	2,00	1,79	0,03
Cajueiro - AL	124,3	0,96%	12.902	18.975	67,99%	1,32	30	0	0,00%	2,00	1,66	0,02
Campo Alegre - AL	295,1	2,28%	33.319	41.028	81,21%	1,19	13	0	0,00%	2,00	1,59	0,04
Capela - AL	205,3	1,59%	9.806	18.693	52,46%	1,48	13,5	0	0,00%	2,00	1,74	0,03
Chã Preta - AL	201,3	1,56%	3.402	7.760	43,84%	1,56	5	0	0,00%	2,00	1,78	0,03
Coité do Nóia - AL	88,5	0,68%	2.423	11.993	20,20%	1,80	3,5	0	0,00%	2,00	1,90	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,31%	3.758	5.134	73,20%	1,27	-	-	-	-	1,27	0,00
Coruripe - AL	967,4	7,48%	30.775	48.846	63,00%	1,37	56	0	0,00%	2,00	1,68	0,13
Feliz Deserto - AL	91,8	0,71%	3.049	3.836	79,48%	1,21	-	-	-	-	1,21	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,44%	6.541	11.979	54,60%	1,45	9	0	0,00%	2,00	1,73	0,04
Ibateguara - AL	254,5	1,97%	7.889	15.105	52,23%	1,48	11	0	0,00%	2,00	1,74	0,03
Igaci - AL	333,6	2,58%	6.054	25.584	23,66%	1,76	6	0	0,00%	2,00	1,88	0,05
Japaratinga - AL	85,5	0,66%	2.761	6.868	40,20%	1,60	5	0	0,00%	2,00	1,80	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	1,86%	8.790	21.488	40,91%	1,59	20	0	0,00%	2,00	1,80	0,03
Jundiá- AL	119,7	0,93%	2.018	4.680	43,12%	1,57	1	-	-	-	1,57	0,01
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,59%	7.686	24.263	31,68%	1,68	7,5	0	0,00%	2,00	1,84	0,05
Maceió - AL	510,7	3,95%	733.673	797.759	91,97%	1,08	1.050,00	1.050,00	100,00%	1,00	1,04	0,04
Maragogi - AL	333,6	2,58%	9.932	21.832	45,49%	1,55	8	0	0,00%	2,00	1,77	0,05
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,80%	25.586	35.866	71,34%	1,29	60	0	0,00%	2,00	1,64	0,05
Maribondo - AL	171,3	1,32%	9.669	15.145	63,84%	1,36	18	0	0,00%	2,00	1,68	0,02
Mar Vermelho - AL	91,6	0,71%	1.371	4.078	33,62%	1,66	3	0	0,00%	2,00	1,83	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,53%	15.974	24.017	66,51%	1,33	5	0	0,00%	2,00	1,67	0,04
Messias - AL	112,9	0,87%	8.174	11.990	68,17%	1,32	8	0	0,00%	2,00	1,66	0,01

3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo													
Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	Acesso a coleta de lixo				Destino adequado do lixo coletado				Vulnerabilidade final do município ((Acesso + Destino)/2))	Vulnerabilidade final do município * Percentual da área do município na bacia	
			População Atendida pela coleta** (hab)	População do município ** (hab)	Percentual da população com serviço de coleta (%)	Vulnerabilidade Acesso a coleta de lixo	Total Destino Adequado * (t/dia)	Total Coletado* (t/dia)	Percentual do lixo coletado adequadamente (%)	Vulnerabilidade Destino adequado do lixo			
Murici - AL	424	3,28%	14.193	24.671	57,53%	1,42	21	0	0,00%	2,00	1,71	0,06	
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,56%	42.642	68.060	62,65%	1,37	32,5	0	0,00%	2,00	1,69	0,06	
Paripueira - AL	92,7	0,72%	5.306	8.049	65,92%	1,34	5	0	0,00%	2,00	1,67	0,01	
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,45%	6.876	13.755	49,99%	1,50	7,2	0	0,00%	2,00	1,75	0,03	
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,83%	4.568	7.485	61,03%	1,39	3,5	0	0,00%	2,00	1,69	0,01	
Pilar - AL	220,7	1,71%	26.593	31.201	85,23%	1,15	15	15	100,00%	1,00	1,07	0,02	
Pindoba - AL	83,2	0,64%	1.153	2.926	39,41%	1,61	1,3	0	0,00%	2,00	1,80	0,01	
Porto Calvo - AL	260,2	2,01%	14.283	23.951	59,63%	1,40	6	0	0,00%	2,00	1,70	0,03	
Porto de Pedras - AL	266,2	2,06%	1.517	10.238	14,82%	1,85	3	0	0,00%	2,00	1,93	0,04	
Quebrangulo - AL	320	2,47%	5.984	11.902	50,28%	1,50	5,5	0	0,00%	2,00	1,75	0,04	
Rio Largo - AL	309,4	2,39%	50.943	62.510	81,50%	1,19	33	0	0,00%	2,00	1,59	0,04	
Roteiro - AL	129,3	1,00%	5.020	6.985	71,87%	1,28	3,8	0	0,00%	2,00	1,64	0,02	
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,22%	5.233	6.388	81,92%	1,18	7	0	0,00%	2,00	1,59	0,00	
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,74%	4.174	11.534	36,19%	1,64	11	0	0,00%	2,00	1,82	0,03	
São José da Laje - AL	272,7	2,11%	12.997	21.071	61,68%	1,38	22	0	0,00%	2,00	1,69	0,04	
São Luís do Quitunde - AL	404	3,12%	14.316	29.543	48,46%	1,52	9	0	0,00%	2,00	1,76	0,05	
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,09%	38.830	51.456	75,46%	1,25	29	0	0,00%	2,00	1,62	0,08	
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,50%	1.593	5.860	27,18%	1,73	6	0	0,00%	2,00	1,86	0,01	
Satuba - AL	42,6	0,33%	10.876	12.555	86,63%	1,13	9	0	0,00%	2,00	1,57	0,01	
Tanque d'Arca - AL	156	1,21%	2.996	6.594	45,44%	1,55	5	0	0,00%	2,00	1,77	0,02	
Taquarana - AL	166,5	1,29%	3.712	17.046	21,78%	1,78	3	0	0,00%	2,00	1,89	0,02	
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,30%	27.163	36.881	73,65%	1,26	15	0	0,00%	2,00	1,63	0,04	
União dos Palmares - AL	427,8	3,31%	39.086	58.620	66,68%	1,33	70	0	0,00%	2,00	1,67	0,06	
Viçosa - AL	355	2,75%	16.328	26.263	62,17%	1,38	19	19	100,00%	1,00	1,19	0,03	
Vulnerabilidade final do indicador	1,66												

Fonte: *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Tabela 2332 - Quantidade diária de lixo coletado por unidade de destino final do lixo coletado (IBGE, 2000b); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação; Tabela 1439 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo (IBGE, 2000b)

3.5 Acesso a Esgotamento Sanitário							
Município com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	População com acesso a esgotamento sanitário (fossa séptica e rede geral)* (hab)	População do município** (hab)	Acesso a esgotamento sanitário (%)	Vulnerabilidade do município	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Anadia - AL	189,5	1,47%	374,00	17.849,00	2,10%	1,98	0,03
Atalaia - AL	532	4,11%	4.674,00	40.552,00	11,53%	1,88	0,08
Barra de Santo Antônio - AL	138	1,07%	271,00	11.351,00	2,39%	1,98	0,02
Barra de São Miguel - AL	76,6	0,59%	4.669,00	6.379,00	73,19%	1,27	0,01
Belém - AL	48,2	0,37%	252,00	5.919,00	4,26%	1,96	0,01
Boca da Mata - AL	186,6	1,44%	14.783,00	24.227,00	61,02%	1,39	0,02
Branquinha - AL	191	1,48%	3.663,00	11.325,00	32,34%	1,68	0,02
Cajueiro - AL	124,3	0,96%	9.217,00	18.975,00	48,57%	1,51	0,01
Campo Alegre - AL	295,1	2,28%	3.585,00	41.028,00	8,74%	1,91	0,04
Capela - AL	205,3	1,59%	7.310,00	18.693,00	39,11%	1,61	0,03
Chã Preta - AL	201,3	1,56%	3.172,00	7.760,00	40,88%	1,59	0,02
Coité do Nóia - AL	88,5	0,68%	66,00	11.993,00	0,55%	1,99	0,01
Coqueiro Seco - AL	40,3	0,31%	152,00	5.134,00	2,96%	1,97	0,01
Coruripe - AL	967,4	7,48%	6.703,00	48.846,00	13,72%	1,86	0,14
Feliz Deserto - AL	91,8	0,71%	66,00	3.836,00	1,72%	1,98	0,01
Flexeiras - AL	315,8	2,44%	2.120,00	11.979,00	17,70%	1,82	0,04
Ibateguara - AL	254,5	1,97%	4.966,00	15.105,00	32,88%	1,67	0,03
Igaci - AL	333,6	2,58%	171,00	25.584,00	0,67%	1,99	0,05
Japaratinga - AL	85,5	0,66%	62,00	6.868,00	0,90%	1,99	0,01
Joaquim Gomes - AL	241	1,86%	614,00	21.488,00	2,86%	1,97	0,04
Jundiá - AL	119,7	0,93%	71,00	4.680	1,52%	1,98	0,02
Limoeiro de Anadia - AL	334,4	2,59%	119,00	24.263,00	0,49%	2,00	0,05
Macció - AL	510,7	3,95%	358.869,00	797.759,00	44,98%	1,55	0,06
Maragogi - AL	333,6	2,58%	1.314,00	21.832,00	6,02%	1,94	0,05
Marechal Deodoro - AL	361,9	2,80%	19.538,00	35.866,00	54,47%	1,46	0,04
Maribondo - AL	171,3	1,32%	8.950,00	15.145,00	59,10%	1,41	0,02
Mar Vermelho - AL	91,6	0,71%	818,00	4.078,00	20,06%	1,80	0,01
Matriz de Camaragibe - AL	327,7	2,53%	1.461,00	24.017,00	6,08%	1,94	0,05
Messias - AL	112,9	0,87%	714,00	11.990,00	5,95%	1,94	0,02
Murici - AL	424	3,28%	11.131,00	24.671,00	45,12%	1,55	0,05
Palmeira dos Índios - AL	460,6	3,56%	2.332,00	68.060,00	3,43%	1,97	0,07
Paripueira - AL	92,7	0,72%	82,00	8.049,00	1,02%	1,99	0,01
Passo de Camaragibe - AL	187,2	1,45%	36,00	13.755,00	0,26%	2,00	0,03
Paulo Jacinto - AL	107,7	0,83%	4.846,00	7.485,00	64,74%	1,35	0,01
Pilar - AL	220,7	1,71%	8.888,00	31.201,00	28,49%	1,72	0,03
Pindoba - AL	83,2	0,64%	152,00	2.926,00	5,19%	1,95	0,01
Porto Calvo - AL	260,2	2,01%	1.115,00	23.951,00	4,66%	1,95	0,04
Porto de Pedras - AL	266,2	2,06%	947,00	10.238,00	9,25%	1,91	0,04
Quebrangulo - AL	320	2,47%	669,00	11.902,00	5,62%	1,94	0,05
Rio Largo - AL	309,4	2,39%	16.230,00	62.510,00	25,96%	1,74	0,04
Roteiro - AL	129,3	1,00%	136,00	6.985,00	1,95%	1,98	0,02
Santa Luzia do Norte - AL	28,5	0,22%	399,00	6.388,00	6,25%	1,94	0,00
Santana do Mundaú - AL	225,5	1,74%	2.694,00	11.534,00	23,36%	1,77	0,03
São José da Laje - AL	272,7	2,11%	12.306,00	21.071,00	58,40%	1,42	0,03
São Luís do Quitunde - AL	404	3,12%	503,00	29.543,00	1,70%	1,98	0,06
São Miguel dos Campos - AL	657,6	5,09%	27.461,00	51.456,00	53,37%	1,47	0,07
São Miguel dos Milagres - AL	65,2	0,50%	50,00	5.860,00	0,85%	1,99	0,01
Satuba - AL	42,6	0,33%	7.302,00	12.555,00	58,16%	1,42	0,00
Tanque d'Arca - AL	156	1,21%	252,00	6.594,00	3,82%	1,96	0,02
Taquarana - AL	166,5	1,29%	192,00	17.046,00	1,13%	1,99	0,03
Teotônio Vilela - AL	297,9	2,30%	1.442,00	36.881,00	3,91%	1,96	0,05
União dos Palmares - AL	427,8	3,31%	25.566,00	58.620,00	43,61%	1,56	0,05
Viçosa - AL	355	2,75%	3.038,00	26.263,00	11,57%	1,88	0,05
Vulnerabilidade final do indicador	1,79						

Fonte: Censo Demográfico; *Tabela 1437 - Domicílios particulares permanentes e Moradores em Domicílios particulares permanentes por situação de tipo do esgotamento sanitário; **Tabela 202 - População residente por sexo e situação (IBGE, 2000b).

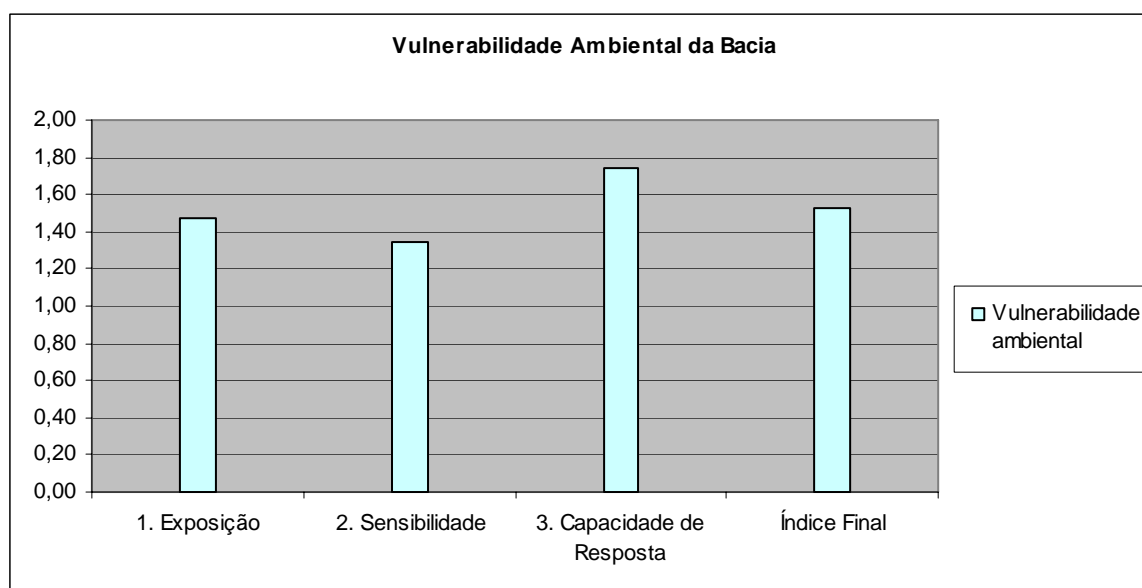
3.6 Disponibilidade hídrica			
Vazão média de longo prazo na bacia* (m3/s)	Vazão média de longo prazo (m3/ano)	População dos municípios com sede na bacia** (hab)	Disponibilidade hídrica per capita (m3/hab.ano)
33,78	1.065.286.080	1.850.065	575,81
Vulnerabilidade final do indicador	1,99		

Fonte: *Base de dados da ANA (ANA, 2006); **Censo Demográfico: Tabela 202 - População residente por sexo e situação (IBGE, 200b)

3.7 IDH-M					
Municípios com sede na bacia	Área do município (Km2)	Percentual da área do município na bacia (%)	IDH-M	Vulnerabilidade do município (IDH-M)	Vulnerabilidade do município * Percentual da área do município na bacia
Anadia (AL)	189,5	1,47%	0,609	1,391	0,02
Atalaia (AL)	532	4,11%	0,594	1,406	0,06
Barra de Santo Antônio (AL)	138	1,07%	0,594	1,406	0,02
Barra de São Miguel (AL)	76,6	0,59%	0,639	1,361	0,01
Belém (AL)	48,2	0,37%	0,600	1,400	0,01
Boca da Mata (AL)	186,6	1,44%	0,626	1,374	0,02
Branquinha (AL)	191	1,48%	0,513	1,487	0,02
Cajueiro (AL)	124,3	0,96%	0,547	1,453	0,01
Campo Alegre (AL)	295,1	2,28%	0,595	1,405	0,03
Capela (AL)	205,3	1,59%	0,569	1,431	0,02
Chã Preta (AL)	201,3	1,56%	0,559	1,441	0,02
Coité do Nóia (AL)	88,5	0,68%	0,569	1,431	0,01
Coqueiro Seco (AL)	40,3	0,31%	0,631	1,369	0,00
Coruripe (AL)	967,4	7,48%	0,615	1,385	0,10
Feliz Deserto (AL)	91,8	0,71%	0,609	1,391	0,01
Flexeiras (AL)	315,8	2,44%	0,554	1,446	0,04
Ibateguara (AL)	254,5	1,97%	0,580	1,42	0,03
Igaci (AL)	333,6	2,58%	0,540	1,46	0,04
Japaratinga (AL)	85,5	0,66%	0,613	1,387	0,01
Joaquim Gomes (AL)	241	1,86%	0,540	1,46	0,03
Jundiá (AL)	119,7	0,93%	0,560	1,44	0,01
Limoeiro de Anadia (AL)	334,4	2,59%	0,569	1,431	0,04
Maceió (AL)	510,7	3,95%	0,739	1,261	0,05
Mar Vermelho (AL)	333,6	2,58%	0,611	1,389	0,04
Maragogi (AL)	361,9	2,80%	0,619	1,381	0,04
Marechal Deodoro (AL)	171,3	1,32%	0,649	1,351	0,02
Maribondo (AL)	91,6	0,71%	0,636	1,364	0,01
Matriz de Camaragibe (AL)	327,7	2,53%	0,568	1,432	0,04
Messias (AL)	112,9	0,87%	0,598	1,402	0,01
Murici (AL)	424	3,28%	0,580	1,42	0,05
Palmeira dos Índios (AL)	460,6	3,56%	0,666	1,334	0,05
Paripueira (AL)	92,7	0,72%	0,617	1,383	0,01
Passo de Camaragibe (AL)	187,2	1,45%	0,563	1,437	0,02
Paulo Jacinto (AL)	107,7	0,83%	0,602	1,398	0,01
Pilar (AL)	220,7	1,71%	0,604	1,396	0,02
Pindoba (AL)	83,2	0,64%	0,561	1,439	0,01
Porto Calvo (AL)	260,2	2,01%	0,599	1,401	0,03
Porto de Pedras (AL)	266,2	2,06%	0,499	1,501	0,03
Quebrangulo (AL)	320	2,47%	0,574	1,426	0,04
Rio Largo (AL)	309,4	2,39%	0,671	1,329	0,03
Roteiro (AL)	129,3	1,00%	0,522	1,478	0,01
Santa Luzia do Norte (AL)	28,5	0,22%	0,632	1,368	0,00
Santana do Mundaú (AL)	225,5	1,74%	0,558	1,442	0,03
Satuba (AL)	272,7	2,11%	0,705	1,295	0,03
São José da Laje (AL)	404	3,12%	0,588	1,412	0,04
São Luís do Quitunde (AL)	657,6	5,09%	0,582	1,418	0,07
São Miguel dos Campos (AL)	65,2	0,50%	0,671	1,329	0,01
São Miguel dos Milagres (AL)	42,6	0,33%	0,621	1,379	0,00
Tanque d'Arca (AL)	156	1,21%	0,586	1,414	0,02
Taquarana (AL)	166,5	1,29%	0,583	1,417	0,02
Teotônio Vilela (AL)	297,9	2,30%	0,567	1,433	0,03
União dos Palmares (AL)	427,8	3,31%	0,600	1,400	0,05
Viçosa (AL)	355	2,75%	0,607	1,393	0,04
Vulnerabilidade final do indicador	1,40				

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2000)

Índice de Vulnerabilidade Ambiental da bacia						
Critério	Indicadores	Peso dos indicadores	Peso dos Critérios	Vulnerabilidade ambiental		
				Indicadores	Sub-índices	Índice Final
1. Exposição	1.1 Atividade agropecuária	0,2	0,33	1,65	1,48	1,52
	1.2 Atividade industrial	0,2		1,00		
	1.3 Geração de esgoto <i>per capita</i>	0,2		1,42		
	1.4 Geração de lixo <i>per capita</i>	0,2		1,71		
	1.5 Demanda hídrica <i>per capita</i>	0,2		1,60		
soma de pesos =				1		
2. Sensibilidade	2.1 Áreas prioritárias para conservação	0,2	0,33	1,41	1,34	
	2.2 Aptidão agrícola	0,2		1,28		
	2.3 Intensidade Pluviométrica	0,2		1,78		
	2.4 Qualidade da água de irrigação	0,2		1,14		
	2.5 Aridez do clima	0,2		1,12		
soma de pesos =				1		
3. Capacidade de Resposta	3.1 Áreas em Unidade de conservação	0,14	0,33	1,99	1,74	
	3.2 Conservação do solo	0,14		1,92		
	3.3 Acesso a rede de abastecimento de água	0,14		1,45		
	3.4 Acesso a coleta e ao destino adequado do lixo	0,14		1,66		
	3.5 Acesso a esgotamento sanitário	0,14		1,79		
	3.6 Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i>	0,14		1,99		
	3.7 IDH-M	0,14		1,40		
soma de pesos =				1		



APÊNDICE I – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 1 – Matéria-prima (descarte de cascas de coco)

ETAPA 1 - Descarte de Cascas de Coco

Levantamento de campo				
TECNOLOGIAS	QUANTIDADE DE CASCAS UTILIZADAS NO LEVANTAMENTO (kg)	TEMPO DE LEVANTAMENTO (mês)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA	QUANTIDADE DE CASCAS PARA A UNIDADE FUNCIONAL (kg)
Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	66.800,00	1,00	1,55	3,65
Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	7.221.375,00	1,00	1,57	11,26

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,11
	1.2 Quantidade de material	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1	0,11
	soma=			
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de	S	0,33	0,11
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,5	0,11
	4.2 Volume de água não	S	0,5	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	S	0,5	0,11
	5.2 Área recuperada	S	0,5	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de	N	x	
	6.2 Quantidade de	N	x	
soma=			0	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	N	x	
	soma=			
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	N	x	
	soma=			
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	N	x	
	soma=			
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
	soma=			
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,11
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	N	x	
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	N	x	
soma=			0	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	N	x	
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	N	x	
soma=			0	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	N	x	0,11
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	1	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,25	0,11
	15.2 Carga de DQO	S	0,25	
	15.3 Carga de SST	S	0,25	
	15.4 Carga de NT	N	x	
	15.5 Carga de FT	N	x	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	N	x	
	15.7 CE	N	x	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	S	1	0,11
	soma=			
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	N	x	
	soma=			

Listagem dos princípios de desempenho ambiental			
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS	PESO DOS PRINCÍPIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,20	0,20
	2. Consumo de energia elétrica	0,20	
	3. Consumo de combustíveis	0,20	
	4. Consumo de água	0,20	
	5. Gestão da cobertura vegetal	0,20	
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	1,00	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	9. Uso de OGM	x	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	11. Geração de resíduo sólido	0,50	
	12. Erosão e compactação	x	
	13. Qualidade da água de irrigação	x	
14. Queima de resíduos	0,50		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	x	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	15. Geração de efluentes	0,33	
	16. Atterramento de resíduo orgânico	0,33	
4. Consumo de água	0,33		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,33	0,20
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	14. Queima de resíduos	0,33	
	16. Atterramento de resíduo orgânico	0,33	
	17. Irrigação por inundação	x	
soma=		1	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	x	x
	10. Uso de aditivos em alimentos	x	
soma=		0	1

3. Entrada de dados dos indicadores por critério de desempenho ambiental

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês				Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	66.800,00	0,00	0,00	0,00	7.221.375,00	0,00	0,00	7.221.375,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	3,65	0,00	0,00	0,00	11,26	0,00	0,00	11,26
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	32,42	100,00	100,00	0,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE MATERIAIS				100,00				58,10

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc
	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)	Quantidade total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	659,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,001
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	0,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	100,00	0,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês			Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	60,24	60,24	60,24	2.025,00	2.025,00	2.025,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0033	0,0033	0,0033	0,0032	0,0032	0,0032
Desempenho ambiental - INDICADOR	95,93	95,93	95,93	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS			95,93			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês		Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	6.250,00	6.250,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,0097	0,0097
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,0153	0,0153
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		100,00		0,00

5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês		Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	
	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	10.000,00	219,78	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,55	0,0003	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,85	0,0005	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL		100,00		0,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês			Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	100,00			100,00		

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês		Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso	x	1,00	x	1,00
Valor (Se sem efeito, marque X)	x	0,00	x	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	x	0,00	x	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	x	100,00	x	100,00
Desempenho ambiental - QUEIMA DE RESÍDUOS	100,00		100,00	

15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês									Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc								
	Efluente sem uso									Efluente sem uso								
	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	Volume não reutilizado (L)	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	Volume não reutilizado (L)
Peso		0,25	0,25	0,25	x	x	x	x	0,25		0,25	0,25	0,25	x	x	x	x	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	0	0,00	0,00	0,00	x	x	x	x	0	7,033	3.840,02	10.176,75	1.139,35	x	x	x	x	7.033,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00	x	x	x	x	0,00	0,011	0,006	0,016	0,002	x	x	x	x	0,01
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00	x	x	x	x	0,00	0,017	0,009	0,025	0,003	x	x	x	x	0,02
Desempenho ambiental - INDICADOR		100,00	100,00	100,00	x	x	x	x	100,00		0,00	0,00	0,00	x	x	x	x	0,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE EFLUENTES	100,00									0,00								

16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc
	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	7.221.375,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	11,26
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	17,68
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	0,00
Desempenho ambiental - ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	100,00	0,00

4.1 Resultados por indicador e critério		Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês		Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	100,00	100,00	32,42	58,10
	1.2 Quantidade de material	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		0,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	100,00	100,00	0,00	0,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	95,93	95,93	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	95,93		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente	95,93		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	100,00	100,00	0,00	0,00
	4.2 Volume da água não	100,00		0,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	100,00	100,00	0,00	0,00
	5.2 Área recuperada	100,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	x	x	x	x
	6.2 Quantidade de	x		x	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	x	x	x	x
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	x	x	x	x
9. OGM	9.1 Classe de risco do	x	x	x	x
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	100,00	100,00	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	100,00		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROÇÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	x	x	x	x
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	x		x	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	x	x	x	x
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	x		x	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	x	100,00	x	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	145.1 Carga de DBO	100,00	100,00	0,00	0,00
	15.2 Carga de DQO	100,00		0,00	
	15.3 Carga de SST	100,00		0,00	
	15.4 Carga de NT	x		x	
	15.5 Carga de FT	x		x	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	x		x	
	15.7 CE	x		x	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	100,00		0,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	100,00	100,00	0,00	0,00
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	x	x	x	x

4.2 Resultados por princípio		Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês		Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc	
Princípio	Crítérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	100,00	99,19	58,10	31,62
	2. Consumo de energia	100,00		0,00	
	3. Consumo de combustíveis	95,93		100,00	
	4. Consumo de água	100,00		0,00	
	5. Gestão da cobertura	100,00		0,00	
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	100,00	100,00	0,00	0,00
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	9. Uso de OGM	x		x	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	100,00	x	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	11. Geração de resíduo	100,00		100,00	
	12. Erosão e compactação	x		x	
	13. Qualidade da água de	x		x	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	14. Queima de resíduos	100,00	100,00	100,00	0,0
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	15. Geração de efluentes	100,00		0,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	100,00		0,00	
CONSERVAÇÃO DO AR	4. Consumo de água	100,00	98,64	0,00	66,67
	3. Consumo de combustíveis	95,93		100,00	
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
QUALIDADE DO PRODUTO	16. Aterramento de resíduo orgânico	100,00	x	0,00	x
	17. Irrigação por inundação	x		x	
	8. Durabilidade do produto	x		x	
	10. Uso de aditivos em	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Descarte de cascas de coco SECO - Fazenda Lagoa das Mercês	Descarte de cascas de coco VERDE - Aterro Asmoc
99,40	47,20

APÊNDICE J – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 2 – Produção de substrato

ETAPA 2 - Produção

Levantamento de campo				
TECNOLOGIAS	QUANTIDADE DE SUBSTRATO UTILIZADO NO LEVANTAMENTO (kg)	TEMPO DE LEVANTAMENTO (min)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA	QUANTIDADE DE SUBSTRATO PARA A UNIDADE FUNCIONAL (kg)
Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	116,12	26,0	1,57	2,42
Produção do SCS - Recicasco	182,47	8,0	1,52	1,62

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,14
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1	0,14
soma=			1	
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,14
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,5	0,14
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,5	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	N	x	
	5.2 Área recuperada	N	x	
soma=			0	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	N	x	
	6.2 Quantidade de micronutrientes	N	x	
soma=			0	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	N	x	
soma=			0	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	N	x	
soma=			0	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	N	x	
soma=			0	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
soma=			0	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,14
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	N	x	
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	N	x	
soma=			0	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	N	x	
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	N	x	
soma=			0	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	N	x	0,14
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	1	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,14
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	N	x	
soma=			0	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	N	x	
soma=			0	1

Listagem dos princípios de desempenho ambiental			
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS	PESO DOS PRINCÍPIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,25	0,25
	2. Consumo de energia elétrica	0,25	
	3. Consumo de combustíveis	0,25	
	4. Consumo de água	0,25	
	5. Gestão da cobertura vegetal	x	
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	x	x
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	9. Uso de OGM	x	
soma=		0	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	0,25
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	11. Geração de resíduo sólido	0,50	
	12. Erosão e compactação	x	
	13. Qualidade da água de irrigação	x	
14. Queima de resíduos	0,50		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	x	0,25
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	15. Geração de efluentes	0,5	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
4. Consumo de água	0,5		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,50	0,25
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	14. Queima de resíduos	0,50	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
	17. Irrigação por inundação	x	
soma=		1	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	x	x
	10. Uso de aditivos em alimentos	x	
soma=		0	1

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu				Produção do SCS - Recicasco			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	540,50	0,00	0,00	0,00	410,70	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	11,26	0,00	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	32,37	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE MATERIAIS				83,09				100,00

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Produção do SCS - Recicasco
	Quantidade total de energia elétrica (kWh)	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	15,14	24,30
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,32	0,22
Desempenho ambiental - INDICADOR	68,37	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	68,37	100,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu			Produção do SCS - Recicasco		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS			100,00			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu		Produção do SCS - Recicasco	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	758,22	758,22	970,19	970,19
Valor ajustado pela Unidade Funcional	15,80	15,80	8,61	8,61
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	24,81	24,81	13,09	13,09
Desempenho ambiental - INDICADOR	52,77	52,77	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		52,77		100,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu			Produção do SCS - Recicasco		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	43,03	0,00	0,00	33,81	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,90	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	1,41	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	32,41	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS			77,47			100,00

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu		Produção do SCS - Reciasco	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso x		1,00 x		1,00
Valor (Se sem efeito, marque X)	x	0,00	x	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	x	0,00	x	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	x	100,00	x	100,00
Desempenho ambiental - QUEIMA DE RESÍDUOS		100,00		100,00

15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu									Produção do SCS - Recिकासco								
	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)
	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)		Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	
Peso		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,125		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Valor (Se sem efeito, marque X)	600,08	6.064,15	9.189,66	1.008,66	18,53	20,76	56,13	2,88	600,08	754,06	7.185,94	10.002,78	1.030,44	6,68	8,66	14,00	0,69	754,06
Valor ajustado pela Unidade Funcional	12,51	126,38	191,52	21,02	0,39	0,43	1,17	2,88	12,51	6,69	63,80	88,80	9,15	0,06	0,08	0,12	0,69	6,69
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	19,63	198,42	300,69	33,00	0,61	0,68	1,84	4,52	19,63	10,18	96,97	134,98	13,91	0,09	0,12	0,19	1,05	10,18
Desempenho ambiental - INDICADOR		48,87	44,89	42,13	14,86	17,20	10,29	23,20	51,82		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE EFLUENTES	31,66									100,00								

4. Resultados da Etapa

4.1 Resultados por indicador e critério		Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu		Produção do SCS - Recिकासo	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	32,37	83,09	100,00	100,00
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		100,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	68,37	68,37	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	100,00		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	100,00		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	52,77	52,77	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	52,77		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	x	x	x	x
	5.2 Área recuperada	x		x	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	x	x	x	x
	6.2 Quantidade de micronutrientes	x		x	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	x	x	x	x
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	x	x	x	x
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	x	x	x	x
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	32,41	77,47	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	100,00		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROSAO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	x	x	x	x
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	x		x	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	x	x	x	x
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	x		x	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	x	100,00	x	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	145.1 Carga de DBO	48,87	31,66	100,00	100,00
	15.2 Carga de DQO	44,89		100,00	
	15.3 Carga de SST	42,13		100,00	
	15.4 Carga de NT	14,86		100,00	
	15.5 Carga de FT	17,20		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	10,29		100,00	
	15.7 CE	23,20		100,00	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	51,82		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	x	x	x	x
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	x	x	x	x

4.2 Resultados por princípio		Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu		Produção do SCS - Recicasco	
Princípio	Critérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	83,09	76,06	100,00	100,00
	2. Consumo de energia elétrica	68,37		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	52,77		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	x		x	
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	x	x	x	x
	7. Consumo de agrotóxico	x	x	x	x
	9. Uso de OGM	x	x	x	x
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	88,73	x	100
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	11. Geração de resíduo sólido	77,47		100,00	
	12. Erosão e compactação	x		x	
	13. Qualidade da água de irrigação	x		x	
14. Queima de resíduos	100,00	100,00	100,00		
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	x	42,21	x	100,0
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	15. Geração de efluentes	31,66		100,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
4. Consumo de água	52,77	100,00	100,00		
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	100,00	100	100,00	100
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
17. Irrigação por inundação	x	x			
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	x	x	x	x
	10. Uso de aditivos em alimentos	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Produção do SCV - Cooperativa Jangurussu	Produção do SCS - Recicasco
73,34	100,00

APÊNDICE K – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 3a – Uso de substrato na produção de mudas de Carola

ETAPA 3a - Uso em mudas

Levantamento de campo				
TECNOLOGIAS	QUANTIDADE DE MUDAS UTILIZADAS NO LEVANTAMENTO (unidades)	TEMPO DE LEVANTAMENTO (dias)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA	QUANTIDADE DE MUDAS PARA A UNIDADE FUNCIONAL (unidades)
Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola Cearosa	212	40,00	1,55	1,00
Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola Cearosa	203	40,00	1,55	1,00

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,07
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1	0,07
soma=			1	
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,07
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,5	0,07
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,5	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	S	0,5	0,07
	5.2 Área recuperada	S	0,5	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	S	0,5	0,07
	6.2 Quantidade de micronutrientes	S	0,5	
soma=			1	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	S	1	0,07
soma=			1	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	S	1	0,07
soma=			1	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	S	1	0,07
soma=			1	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
soma=			0	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,07
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	S	0,5	0,07
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	S	0,5	
soma=			1	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	S	0,5	0,07
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	S	0,5	
soma=			1	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	S	0,5	0,07
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	0,5	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,07
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	N	x	
soma=			0	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	S	1	0,07
soma=			1	

Listagem dos princípios de desempenho ambiental			
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS	PESO DOS PRINCÍPIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,14	0,17
	2. Consumo de energia elétrica	0,14	
	3. Consumo de combustíveis	0,14	
	4. Consumo de água	0,14	
	5. Gestão da cobertura vegetal	0,14	
	6. Consumo de fertilizante	0,14	
	7. Consumo de agrotóxico	0,14	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	0,33	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,33	
	9. Uso de OGM	0,33	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	0,17	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,17	
	11. Geração de resíduo sólido	0,17	
	12. Erosão e compactação	0,17	
	13. Qualidade da água de irrigação	0,17	
14. Queima de resíduos	0,17		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	0,25	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,25	
	15. Geração de efluentes	0,25	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
4. Consumo de água	0,25		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,20	0,17
	6. Consumo de fertilizante	0,20	
	7. Consumo de agrotóxico	0,20	
	14. Queima de resíduos	0,20	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
	17. Irrigação por inundação	0,20	
soma=		1	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	1	0,17
	10. Uso de aditivos em alimentos	x	
soma=		1	1

3. Entrada de dados dos indicadores por critério de desempenho ambiental

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa				Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	8,25	0,00	0,00	0,00	9,28	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,039	0,00	0,00	0,00	0,046	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	85,13	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE MATERIAIS				100,00				96,28

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
	Quantidade total de energia elétrica (kWh)	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00000	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	100,00	100,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa			Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS			100,00			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	88	88	55	55
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,42	0,42	0,27	0,27
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,64	0,64	0,42	0,42
Desempenho ambiental - INDICADOR	65,27	65,27	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		65,27		100,00

5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	1,18	0,00	1,18	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0056	0,00	0,0058	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,0086	0,00	0,0090	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	0,00	95,75	0,00
Desempenho ambiental - GESTÃO DA COBERTURA		50,00		47,88

6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	12,50	0,00	12,50	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,059	0,00	0,062	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,09	0,00	0,095	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	95,75	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE FERTILIZANTES	100,00		97,88	

7. CONSUMO DE AGROTÓXICOS	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa				Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa			
	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)
Peso	1,00				1,00			
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0	20,00	0,00	0,00	0	20,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,094	0,00	0,00	0,00	0,099
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,146	0,00	0,00	0,00	0,153
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00				95,75			
Desempenho ambiental - CONSUMO DE AGROTÓXICOS	100,00				95,75			

8. DURABILIDADE	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
	Vida útil (dias)	Vida útil (dias)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	40,00	40,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - RENDIMENTO DO PRODUTO	100,00	100,00

9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	1	1
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	1	1
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM	100,00	100,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa			Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	2,18	0,0031	0,00	2,72	0,0031	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,010	0,0000146	0,00	0,013	0,0000153	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,016	0,000023	0,00	0,021	0,000024	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	76,74	95,75	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS			100,00			90,83

12. EROSÃO E COMPACTAÇÃO	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - EROSÃO E COMPACTAÇÃO		100,00		100,00

13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	100,00		100,00	

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - QUEIMA DE RESÍDUOS	100,00		100,00	

15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa									Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa								
	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)
	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)		Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	
Peso		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,125		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Valor (Se sem efeito, marque X)	87	13,48	22,94	6,92	0,15	0,60	1,61	0,36	87	55	30,36	58,78	19,02	0,48	0,13	2,91	0,25	55
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,41	0,06	0,11	0,03	0,00	0,00	0,01	0,36	0,41	0,27	0,15	0,29	0,09	0,00	0,00	0,01	0,25	0,27
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,64	0,10	0,17	0,05	0,00	0,00	0,01	0,56	0,64	0,42	0,23	0,45	0,15	0,00	0,00	0,02	0,39	0,42
Desempenho ambiental - INDICADOR		100,00	100,00	100,00	100,00	22,95	100,00	70,08	66,02		42,53	37,37	34,82	29,27	100,00	53,04	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE EFLUENTES									82,38									62,13

17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
	Área irrigada por inundação (m ²)	Área irrigada por inundação (m ²)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	100,00	100,00

4. Resultados da Etapa

4.1 Resultados por indicador e critério		Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	100,00	100,00	85,13	96,28
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		100,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	100,00	100,00	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	100,00		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	100,00		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	65,27	65,27	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	65,27		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	100,00	50,00	95,75	47,88
	5.2 Área recuperada	0,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	100,00	100,00	95,75	97,88
	6.2 Quantidade de micronutrientes	100,00		100,00	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	100,00	100,00	95,75	95,75
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	100,00	100,00	100,00	100,00
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	100,00	100,00	100,00	100,00
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	100,00	100,00	76,74	90,83
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	100,00		95,75	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROÇÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	100,00	100,00	100,00	100,00
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	100,00		100,00	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	100,00	100,00	100,00	100,00
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	100,00		100,00	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	100,00	100,00	100,00	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	145.1 Carga de DBO	100,00	82,38	42,53	62,13
	15.2 Carga de DQO	100,00		37,37	
	15.3 Carga de SST	100,00		34,82	
	15.4 Carga de NT	100,00		29,27	
	15.5 Carga de FT	22,95		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	100,00		53,04	
	15.7 CE	70,08		100,00	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	66,02		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	x	x	x	x
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	100,00	100,00	100,00	100,00

4.2 Resultados por princípio		Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	
Princípio	Crítérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	100,00	87,90	96,28	91,11
	2. Consumo de energia elétrica	100,00		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	65,27		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	50,00		47,88	
	6. Consumo de fertilizante	100,00		97,88	
	7. Consumo de agrotóxico	100,00		95,75	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	50,00	83,33	47,88	81,21
	7. Consumo de agrotóxico	100,00		95,75	
	9. Uso de OGM	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	100,00	100,00	97,88	97,41
	7. Consumo de agrotóxico	100,00		95,75	
	11. Geração de resíduo sólido	100,00		90,83	
	12. Erosão e compactação	100,00		100,00	
	13. Qualidade da água de irrigação	100,00		100,00	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	100,00	86,91	97,88	88,9
	7. Consumo de agrotóxico	100,00		95,75	
	15. Geração de efluentes	82,38		62,13	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
	4. Consumo de água	65,27		100,00	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	100,00	100,00	100,00	98,73
	6. Consumo de fertilizante	100,00		97,88	
	7. Consumo de agrotóxico	100,00		95,75	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
	17. Irrigação por inundação	100,00		100,00	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	100,00	100,00	100,00	100,00
	10. Uso de aditivos em alimentos	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Uso do SCV na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de mudas de rosas Carola - Cearosa
93,18	92,72

APÊNDICE L – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 3b – Uso de substrato na produção de rosas Carola

ETAPA 3b - Uso na produção de rosas

Levantamento de campo				
TECNOLOGIAS	QUANTIDADE DE ROSAS UTILIZADAS NO LEVANTAMENTO (unidades)	TEMPO DE LEVANTAMENTO (dias)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA	QUANTIDADE DE ROSAS PARA UNIDADE FUNCIONAL (unidades)
Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	48	200	1,55	1
Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	78	200	1,55	1

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,07
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1	0,07
	soma=			1
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,07
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,5	0,07
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,5	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	S	0,5	0,07
	5.2 Área recuperada	S	0,5	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	S	0,5	0,07
	6.2 Quantidade de micronutrientes	S	0,5	
soma=			1	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	S	1	0,07
soma=			1	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	S	1	0,07
soma=			1	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	S	1	0,07
soma=			1	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
soma=			0	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,07
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	S	0,5	0,07
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	S	0,5	
soma=			1	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	S	0,5	0,07
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	S	0,5	
soma=			1	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	S	0,5	0,07
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	0,5	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,07
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	N	x	
soma=			0	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	S	1	0,07
soma=			1	

Listagem dos princípios de desempenho ambiental			
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS	PESO DOS PRINCÍPIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,14	0,17
	2. Consumo de energia elétrica	0,14	
	3. Consumo de combustíveis	0,14	
	4. Consumo de água	0,14	
	5. Gestão da cobertura vegetal	0,14	
	6. Consumo de fertilizante	0,14	
	7. Consumo de agrotóxico	0,14	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	0,33	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,33	
	9. Uso de OGM	0,33	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	0,17	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,17	
	11. Geração de resíduo sólido	0,17	
	12. Erosão e compactação	0,17	
	13. Qualidade da água de irrigação	0,17	
14. Queima de resíduos	0,17		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	0,25	0,17
	7. Consumo de agrotóxico	0,25	
	15. Geração de efluentes	0,25	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
4. Consumo de água	0,25		
soma=		1,00	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,20	0,17
	6. Consumo de fertilizante	0,20	
	7. Consumo de agrotóxico	0,20	
	14. Queima de resíduos	0,20	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x	
	17. Irrigação por inundação	0,20	
soma=		1	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	1	0,17
	10. Uso de aditivos em alimentos	x	
soma=		1	

3. Entrada de dados dos indicadores por critério de desempenho ambiental

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa				Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	115,69	0,00	0,00	0,00	124,82	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	2,41	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	66,39	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE MATERIAIS	91,60				100,00			

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa
	Quantidade total de energia elétrica (kWh)	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	18,99	24,08
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,40	0,31
Desempenho ambiental - INDICADOR	78,02	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	78,02	100,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa			Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS			100,00			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	4.517,95	4.517,95	3.845,20	3.845,20
Valor ajustado pela Unidade Funcional	94,12	94,12	49,30	49,30
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	145,89	145,89	76,41	76,41
Desempenho ambiental - INDICADOR	52,38	52,38	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		52,38		100,00

5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	6,39	0,00	6,39	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,13	0,00	0,08	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,21	0,00	0,13	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	61,54	0,00	100,00	0,00
Desempenho ambiental - GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL		30,77		50,00

6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	1.045,24	5,49	1.331,01	6,23
Valor ajustado pela Unidade Funcional	21,78	0,11	17,06	0,08
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	33,75	0,18	26,45	0,12
Desempenho ambiental - INDICADOR	78,36	69,90	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE FERTILIZANTES		74,13		100,00

7. CONSUMO DE AGROTÓXICOS	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa				Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa			
	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)
Peso	1,00				1,00			
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,78	2,5	28,85	4,93	0,78	2,5	28,85	4,93
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,02	0,05	0,60	0,10	0,01	0,03	0,37	0,06
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,03	0,08	0,93	0,16	0,02	0,05	0,57	0,10
Desempenho ambiental - INDICADOR	61,54				100,00			
Desempenho ambiental - CONSUMO DE AGROTÓXICOS	61,54				100,00			

8. DURABILIDADE DO PRODUTO	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa
	Vida útil (dias)	Vida útil (dias)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	60	200,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	30,00	100,00
Desempenho ambiental - RENDIMENTO DO PRODUTO	30,00	100,00

9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa
	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	1	1
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	1	1
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM	100,00	100,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa			Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,84	0,003	0,00	0,27	0,003	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,02	0,00005	0,00	0,003	0,00003	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,027	0,00008	0,00	0,005	0,00005	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	19,78	61,54	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	60,44			100,00		

12. EROSÃO E COMPACTAÇÃO	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - EROSÃO E COMPACTAÇÃO	100,00		100,00	

13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	1,53	100,00	1,53	100,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	2,37	100,00	2,37	100,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	100,00		100,00	

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - QUEIMA DE RESÍDUOS	100,00		100,00	

15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa									Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa								
	Efluente sem uso									Efluente sem uso								
	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	Volume não reutilizado (L)	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	Volume não reutilizado (L)
Peso		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,125		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Valor (Se sem efeito, marque X)	1.235,27	91,63	326,83	78,51	5,83	4,90	21,99	0,67	1.235,27	823,91	34,04	295,04	35,35	3,94	0,83	16,31	0,85	823,91
Valor ajustado pela Unidade Funcional	25,73	1,91	6,81	1,64	0,12	0,10	0,46	0,67	25,73	10,56	0,44	3,78	0,45	0,05	0,01	0,21	0,85	10,56
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	39,89	2,96	10,55	2,54	0,19	0,16	0,71	1,04	39,89	16,37	0,68	5,86	0,70	0,08	0,02	0,32	1,32	16,37
Desempenho ambiental - INDICADOR		22,86	55,55	27,71	41,63	10,39	45,64	100,00	41,05		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	78,82	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE EFLUENTES	43,10									97,35								

17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa
	Área irrigada por inundação (m ²)	Área irrigada por inundação (m ²)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	100,00	100,00

4. Resultados da Etapa

4.1 Resultados por indicador e critério		Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola - Cearosa	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	66,39	91,60	100,00	100,00
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		100,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	78,02	78,02	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	100,00		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	100,00		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	52,38	52,38	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	52,38		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	61,54	30,77	100,00	50,00
	5.2 Área recuperada	0,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	78,36	74,13	100,00	100,00
	6.2 Quantidade de micronutrientes	69,90		100,00	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	61,54	61,54	100,00	100,00
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	30,00	30,00	100,00	100,00
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	100,00	100,00	100,00	100,00
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	19,78	60,44	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	61,54		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROÇÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	100,00	100,00	100,00	100,00
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	100,00		100,00	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	100,00	100,00	100,00	100,00
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	100,00		100,00	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	100,00	100,00	100,00	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	145.1 Carga de DBO	22,86	43,10	100,00	97,35
	15.2 Carga de DQO	55,55		100,00	
	15.3 Carga de SST	27,71		100,00	
	15.4 Carga de NT	41,63		100,00	
	15.5 Carga de FT	10,39		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	45,64		100,00	
	15.7 CE	100,00		78,82	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	41,05		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	x	x	x	x
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	100,00	100,00	100,00	100,00

4.2 Resultados por princípio		Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa		Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa	
Princípio	Critérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIENCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	91,60	69,78	100,00	92,86
	2. Consumo de energia elétrica	78,02		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	52,38		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77		50,00	
	6. Consumo de fertilizante	74,13		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77	64,10	50,00	83,33
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	9. Uso de OGM	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	74,13	82,68	100,00	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	11. Geração de resíduo sólido	60,44		100,00	
	12. Erosão e compactação	100,00		100,00	
	13. Qualidade da água de irrigação	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	14. Queima de resíduos	100,00	57,79	100,00	99,3
	6. Consumo de fertilizante	74,13		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	15. Geração de efluentes	43,10		97,35	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
CONSERVAÇÃO DO AR	4. Consumo de água	52,38	87,13	100,00	100,00
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	6. Consumo de fertilizante	74,13		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	61,54		100,00	
	14. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	x		x	
	17. Irrigação por inundação	100,00		100,00	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	30,00	30,00	100,00	100,00
	10. Uso de aditivos em alimentos	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Uso do SCV na produção de rosas Carola - Cearosa	Uso do SCS na produção de rosas Carola- Cearosa
74,80	96,49

APÊNDICE M – Quadros com entrada de dados e avaliação de desempenho ambiental dos indicadores na Etapa 4 – Descarte de substrato

ETAPA 4 - Descarte de Substrato

Levantamento de campo				
TECNOLOGIAS	QUANTIDADE DE ROSAS COM SUBSTRATO DESCARTADO NO LEVANTAMENTO (unidades)	TEMPO DE LEVANTAMENTO (dias)	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA	QUANTIDADE DE ROSAS COM SUBSTRATO DESCARTADO, REFERENTE A UNIDADE FUNCIONAL (unidades)
Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	48	60,00	1,55	1
Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	78	60,00	1,55	1

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,11
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1,00	0,11
soma=			1	
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,11
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,50	0,11
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,50	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	S	0,50	0,11
	5.2 Área recuperada	S	0,50	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	N	x	
	6.2 Quantidade de micronutrientes	N	x	
soma=			0	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	N	x	
soma=			0	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	N	x	
soma=			0	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	N	x	
soma=			0	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
soma=			0	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,11
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	N	x	
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	N	x	
soma=			0	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	N	x	
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	N	x	
soma=			0	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	N	x	0,11
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	1,00	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,11
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	S	1,00	0,11
soma=			1	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	N	x	
soma=			0	1

Listagem dos princípios de desempenho ambiental			
PRINCÍPIOS	CRITÉRIOS	PESO DOS CRITÉRIOS NOS PRINCÍPIOS	PESO DOS PRINCÍPIOS NO ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	0,20	0,20
	2. Consumo de energia elétrica	0,20	
	3. Consumo de combustíveis	0,20	
	4. Consumo de água	0,20	
	5. Gestão da cobertura vegetal	0,20	
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	1,00	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	9. Uso de OGM	x	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	11. Geração de resíduo sólido	0,50	
	12. Erosão e compactação	x	
	13. Qualidade da água de irrigação	x	
14. Queima de resíduos	0,50		
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	x	0,20
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	15. Geração de efluentes	0,33	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	0,33	
	4. Consumo de água	0,33	
soma=		1	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	0,33	0,20
	6. Consumo de fertilizante	x	
	7. Consumo de agrotóxico	x	
	14. Queima de resíduos	0,33	
	16. Aterramento de resíduo orgânico	0,33	
17. Irrigação por inundação	x		
soma=		1	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	x	x
	10. Uso de aditivos em alimentos	x	
soma=		0	1

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa				Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Valor (Se sem efeito, marque X)	163,52	0,00	0,00	0,00	159,04	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	3,41	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	59,85	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE MATERIAIS				89,96				100,00

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Quantidade total de energia elétrica (kWh)	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00000	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	100,00	100,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa			Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS			100,00			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,0000	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,0000	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - CONSUMO DE ÁGUA		100,00		100,00

5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	
	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Valor (Se sem efeito, marque X)	1,00	0,00	1,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,021	0,00	0,013	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,032	0,00	0,020	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	61,54	0,00	100,00	0,00
Desempenho ambiental - GESTÃO DA COBERTURA		30,77		50,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa			Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS			100,00			100,00

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso	x	1,00	x	1,00
Valor (Se sem efeito, marque X)	x	0,00	x	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	x	0,00	x	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	x	100,00	x	100,00
Desempenho ambiental - QUEIMA DE RESÍDUOS		100,00		100,00

15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa									Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa								
	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)	Efluente sem uso								Volume não reutilizado (L)
	Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)		Volume (L)	Carga de DBO (g)	Carga de DQO (g)	Carga de SST (g)	Carga de Nitrogênio Total (g)	Carga de Fósforo Total (g)	Carga de Óleos e graxas (g)	CE (mS/m)	
Peso		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,125		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,0000000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,0000000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - GERAÇÃO DE EFLUENTES	100,00									100,00								

16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)
Peso	1	1
Valor (Se sem efeito, marque X)	0,00	0,00
Valor ajustado pela Unidade Funcional	0,00	0,00
Valor ponderado pela Vulnerabilidade	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	100,00	100,00

4. Resultados da Etapa

4.1 Resultados por indicador e critério		Descarte do SCV após uso na produção de		Descarte do SCS após uso na produção de rosas	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	59,85	89,96	100,00	100,00
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		100,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	100,00	100,00	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	100,00		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	100,00		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	100,00	100,00	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	100,00		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	61,54	30,77	100,00	50,00
	5.2 Área recuperada	0,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	x	x	x	x
	6.2 Quantidade de micronutrientes	x		x	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	x	x	x	x
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	x	x	x	x
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	x	x	x	x
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	100,00	100,00	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	100,00		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROÇÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	x	x	x	x
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	x		x	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	x	x	x	x
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	x		x	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	x	100,00	x	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	100,00	100,00	100,00	100,00
	15.2 Carga de DQO	100,00		100,00	
	15.3 Carga de SST	100,00		100,00	
	15.4 Carga de NT	100,00		100,00	
	15.5 Carga de FT	100,00		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	100,00		100,00	
	15.7 CE	100,00		100,00	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	100,00		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	100,00	100,00	100,00	100,00
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	x	x	x	x

4.2 Resultados por princípio		Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa		Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	
Princípio	Critérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	89,96	84,15	100,00	90,00
	2. Consumo de energia elétrica	100,00		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	100,00		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77		50,00	
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	30,77	30,77	50,00	50,00
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	9. Uso de OGM	x		x	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	x	100,00	x	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	10. Geração de resíduo sólido	100,00		100,00	
	11. Erosão e compactação	x		x	
	12. Qualidade da água de irrigação	x		x	
	13. Queima de resíduos	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	x	100,00	x	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	14. Geração de efluentes	100,00		100,00	
	15. Aterramento de resíduo orgânico	100,00		100,00	
	4. Consumo de água	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	100,00	100,00	100,00	100,00
	6. Consumo de fertilizante	x		x	
	7. Consumo de agrotóxico	x		x	
	13. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	15. Aterramento de resíduo orgânico	100,00		100,00	
	16. Irrigação por inundação	x		x	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	x	x	x	x
	10. Uso de aditivos em alimentos	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental da Etapa	
Descarte do SCV após uso na produção de rosas Carola - Cearosa	Descarte do SCS após uso na produção de rosas Carola - Cearosa
91,19	94,44

APÊNDICE N – Quadros da Avaliação Final do Ciclo de Vida dos SCV e SCS

Listagem dos indicadores por critério de desempenho ambiental				
CRITÉRIOS	INDICADORES	SERÁ UTILIZADO ? (S/N)	PESO DOS INDICADORES NO CRITÉRIO	PESO DOS CRITÉRIOS NOS ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	S	0,25	0,06
	1.2 Quantidade de material perigoso	S	0,25	
	1.3 Quantidade de material não renovável	S	0,25	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	S	0,25	
soma=			1	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	S	1,00	0,06
	soma=			
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Consumo total de combustíveis	S	0,33	0,06
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	S	0,33	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	S	0,33	
soma=			1	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	S	0,50	0,06
	4.2 Volume de água não reutilizado	S	0,50	
soma=			1	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	S	0,50	0,06
	5.2 Área recuperada	S	0,50	
soma=			1	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	S	0,50	0,06
	6.2 Quantidade de micronutrientes	S	0,50	
soma=			1	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	S	1,00	0,06
soma=			1	
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida Útil	S	1,00	0,06
soma=			1,00	
9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	9.1 Classe de risco do Organismo	S	1,00	0,06
soma=			1	
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima de aditivos	N	x	
soma=			0	
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduos	S	0,33	0,06
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	S	0,33	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	S	0,33	
soma=			1	
12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	S	0,50	0,06
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	S	0,50	
soma=			1	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	S	0,50	0,06
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	S	0,50	
soma=			1	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	S	0,50	0,06
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	S	0,50	
soma=			1	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	S	0,13	0,06
	15.2 Carga de DQO	S	0,13	
	15.3 Carga de SST	S	0,13	
	15.4 Carga de NT	S	0,13	
	15.5 Carga de FT	S	0,13	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	S	0,13	
	15.7 CE	S	0,13	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	S	0,13	
soma=			1	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	S	1,00	0,06
soma=			1	
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	S	1,00	0,06
soma=			1	1

2. Indicadores agregados

1. CONSUMO DE MATERIAIS	Substrato de coco verde - SCV				Substrato de coco seco - SCS			
	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)	Quantidade Total de materiais (kg)	Quantidade de material perigoso (kg)	Quantidade de material não renovável (kg)	Quantidade de material não reciclado ou reutilizado (kg)
Peso	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Etapa 1 - Matéria-prima	3,65	0,00	0,00	0,00	11,26	0,00	0,00	11,26
Etapa 2 - Produção	11,26	0,00	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	2,41	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00
Etapa 4 - Descarte final	3,41	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00
Valor agregado	20,77	0,00	0,00	0,00	18,59	0,00	0,00	11,26
Desempenho ambiental - INDICADOR	89,51	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
Desempenho ambiental - OGM				97,38				75,00

2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
	Quantidade total de energia elétrica (kWh)	Quantidade Total de energia elétrica (kWh)
Peso	1	1
Etapa 1 - Matéria-prima	0,00	0,00
Etapa 2 - Produção	0,32	0,22
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,40	0,31
Etapa 4 - Descarte final	0,00	0,00
Valor agregado	0,71	0,53
Desempenho ambiental - INDICADOR	73,88	100,00
Desempenho ambiental - OGM	73,88	100,00

3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	Substrato de coco verde - SCV			Substrato de coco seco - SCS		
	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	combustível não proveniente de resíduo (L)	Quantidade total de combustível (L)	Quantidade de combustível fóssil (L)	Quantidade de combustível não proveniente de resíduo (L)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Etapa 1 - Matéria-prima	0,0033	0,003	0,003	0,0032	0,003	0,003
Etapa 2 - Produção	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 4 - Descarte final	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor agregado	0,0033	0,0033	0,0033	0,0032	0,0032	0,0032
Desempenho ambiental - INDICADOR	95,93	95,93	95,93	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM			95,93			100,00

4. CONSUMO DE ÁGUA	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)	Volume total de água (L)	Volume de água não reciclada (L)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	0,00	0,00	0,02	0,02
Etapa 2 - Produção	24,81	24,81	13,09	13,09
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,64	0,64	0,42	0,42
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	145,89	145,89	76,41	76,41
Etapa 4 - Descarte final	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor agregado	171,34	171,34	89,94	89,94
Desempenho ambiental - INDICADOR	52,49	52,49	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		52,49		100,00

5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)	Área desmatada (m ²)	Área recuperada (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	0,00	0,85	0,00	0,00
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,01	0,00	0,01	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,21	0,00	0,13	0,00
Etapa 4 - Descarte final	0,03	0,00	0,02	0,00
Valor agregado	0,25	0,85	0,16	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	63,25	100,00	100,00	0,00
Desempenho ambiental - OGM		81,63		50,00

6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)	Quantidade de macronutrientes (g)	Quantidade de micronutrientes (g)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,09	0,00	0,10	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	33,75	0,18	26,45	0,12
Etapa 4 - Descarte final	x	x	x	x
Valor agregado	33,84	0,18	26,54	0,12
Desempenho ambiental - INDICADOR	78,43	69,90	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		74,17		100,00

7. CONSUMO DE AGROTÓXICOS	Substrato de coco verde - SCV				Substrato de coco seco - SCS			
	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)	Quantidade - CLASSE I (g)	Quantidade - CLASSE II (g)	Quantidade - CLASSE III (g)	Quantidade - CLASSE IV (g)
Peso				1,00				1,00
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x	x	x	x	x	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00	0,00	0,146	0,00	0,00	0,00	0,153
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,03	0,08	0,93	0,16	0,02	0,05	0,57	0,10
Etapa 4 - Descarte final	x	x	x	x	x	x	x	x
Valor agregado	0,03	0,08	0,93	0,31	0,02	0,05	0,57	0,25
Desempenho ambiental - INDICADOR				64,04				100,00
Desempenho ambiental - OGM				64,04				100,00

8. DURABILIDADE DO PRODUTO	Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
	Vida útil (dias)	Vida útil (dias)
Peso	1	1
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	40,00	40,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	60,00	200,00
Etapa 4 - Descarte final	x	x
Valor médio	50,00	120,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	41,67	100,00
Desempenho ambiental - OGM	41,67	100,00

9. ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO (OGM)	Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)	Classe de risco do OGM (1,2,3,4 ou 5)
Peso	1	1
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	1	1
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	1	1
Etapa 4 - Descarte final	x	x
Valor médio	1	1
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM	100,00	100,00

11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Substrato de coco verde - SCV			Substrato de coco seco - SCS		
	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)	Quantidade total de resíduos (kg)	Quantidade de resíduo perigoso (kg)	Quantidade de resíduo não reciclável/ compostável (kg)
Peso	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Etapa 1 - Matéria-prima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 2 - Produção	1,41	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,016	0,00002	0,00	0,021	0,00002	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,027	0,00008	0,00	0,005	0,00005	0,00
Etapa 4 - Descarte final	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor agregado	1,45	0,00011	0,00	0,48	0,00008	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	33,24	70,66	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM			67,97			100,00

12. EROSIÃO E COMPACTAÇÃO	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)	Área agrícola com solo exposto (m ²)	Área sujeita a mecanização (m ²)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 4 - Descarte final	x	x	x	x
Valor agregado	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		100,00		100,00

13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)	Salinidade (CE em dS/m)	Sodicidade (0, 50, 100)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	2,37	100,00	2,37	100,00
Etapa 4 - Descarte final	x	x	x	x
Valor médio	1,19	50,00	1,19	50,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		100,00		100,00

14. QUEIMA DE RESÍDUOS	Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)	Área agrícola queimada (m ²)	Quantidade de resíduo descartado e queimado (kg)
Peso	0,50	0,50	0,50	0,50
Etapa 1 - Matéria-prima	x	0,00	x	0,00
Etapa 2 - Produção	x	0,00	x	0,00
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,00	0,00	0,00	0,00
Etapa 4 - Descarte final	x	0,00	x	0,00
Valor agregado	0,00	0,00	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM		100,00		100,00

16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)	Quantidade de resíduo orgânico aterrado (kg)
Peso	1	1
Etapa 1 - Matéria-prima	0,00	17,68
Etapa 2 - Produção	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	x	x
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	x	x
Etapa 4 - Descarte final	0,00	0,00
Valor agregado	0,00	17,68
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	0,00
Desempenho ambiental - OGM	100,00	0,00

17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
	Área irrigada por inundação (m ²)	Área irrigada por inundação (m ²)
Peso	1	1
Etapa 1 - Matéria-prima	x	x
Etapa 2 - Produção	x	x
Etapa 3a - Uso na produção de mudas	0,00	0,00
Etapa 3b - Uso na produção de rosas	0,00	0,00
Etapa 4 - Descarte final	x	x
Valor agregado	0,00	0,00
Desempenho ambiental - INDICADOR	100,00	100,00
Desempenho ambiental - OGM	100,00	100,00

3. Resultados da análise de ciclo de vida
--

3.1 Resultados por indicador e critério		Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
CRITÉRIOS	INDICADORES	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS	Desempenho ambiental INDICADORES	Desempenho ambiental CRITÉRIOS
1. CONSUMO DE MATERIAIS	1.1 Quantidade total de materiais	89,51	97,38	100,00	75,00
	1.2 Quantidade de material perigoso	100,00		100,00	
	1.3 Quantidade de material não renovável	100,00		100,00	
	1.4 Quantidade de material não reciclado ou reutilizado	100,00		0,00	
2. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	2.1 Consumo total de energia elétrica	73,88	73,88	100,00	100,00
3. CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS	3.1 Quantidade total de combustíveis	95,93	95,93	100,00	100,00
	3.2 Quantidade de combustível fóssil	95,93		100,00	
	3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	95,93		100,00	
4. CONSUMO DE ÁGUA	4.1 Volume total de água de processo	52,49	52,49	100,00	100,00
	4.2 Volume da água não reutilizada	52,49		100,00	
5. GESTÃO DA COBERTURA VEGETAL	5.1 Área desmatada	63,25	81,63	100,00	50,00
	5.2 Área recuperada	100,00		0,00	
6. CONSUMO DE FERTILIZANTES	6.1 Quantidade de macronutrientes	78,43	74,17	100,00	100,00
	6.2 Quantidade de micronutrientes	69,90		100,00	
7. CONSUMO DE AGROTÓXICO	7.1 Quantidade de agrotóxico ponderado pela toxicidade	64,04	64,04	100,00	100,00
8. DURABILIDADE DO PRODUTO	8.1 Vida útil do produto	41,67	41,67	100,00	100,00
9. OGM	9.1 Classe de risco do Organismo	100,00	100,00	100,00	100,00
10. USO DE ADITIVOS EM ALIMENTOS	10.1 Limite da quantidade máxima permitida	x	x	x	x
11. GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	11.1 Quantidade total de resíduo	33,24	67,97	100,00	100,00
	11.2 Quantidade de resíduo perigoso	70,66		100,00	
	11.3 Quantidade de resíduo não reciclável ou reutilizável	100,00		100,00	
12. EROSAO E COMPACTAÇÃO	12.1 Área de solo exposto	100,00	100,00	100,00	100,00
	12.2 Área de solo sujeita a mecanização	100,00		100,00	
13. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	13.1 Salinidade da água de irrigação	100,00	100,00	100,00	100,00
	13.2 Sodicidade da água de irrigação	100,00		100,00	
14. QUEIMA DE RESÍDUOS	14.1 Área agrícola queimada	100,00	100,00	100,00	100,00
	14.2 Quantidade de resíduo descartado e queimado	100,00		100,00	
15. GERAÇÃO DE EFLUENTES	15.1 Carga de DBO	48,58	35,48	100,00	100,00
	15.2 Carga de DQO	45,38		100,00	
	15.3 Carga de SST	41,46		100,00	
	15.4 Carga de NT	21,63		100,00	
	15.5 Carga de FT	15,95		100,00	
	15.6 Carga de Óleos e graxas	20,92		100,00	
	15.7 CE	45,08		100,00	
	15.8 Volume do efluente não reutilizado	44,86		100,00	
16. ATERRAMENTO DE RESÍDUO ORGÂNICO	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	100,00	100,00	0,00	0,00
17. IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO	17.1 Área agrícola irrigada inundada	100,00	100,00	100,00	100,00

3.2 Resultados por princípio		Substrato de coco verde - SCV		Substrato de coco seco - SCS	
Princípio	Critérios	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO	Desempenho ambiental CRITÉRIO	Desempenho ambiental PRINCÍPIO
EFICIÊNCIA TECNOLÓGICA	1. Consumo de materiais	97,38	77,07	75,00	89,29
	2. Consumo de energia elétrica	73,88		100,00	
	3. Consumo de combustíveis	95,93		100,00	
	4. Consumo de água	52,49		100,00	
	5. Gestão da cobertura vegetal	81,63		50,00	
	6. Consumo de fertilizante	74,17		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	64,04		100,00	
CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE	5. Gestão da cobertura vegetal	81,63	81,89	50,00	83,33
	7. Consumo de agrotóxico	64,04		100,00	
	9. Uso de OGM	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DO SOLO	6. Consumo de fertilizante	74,17	84,36	100,00	100,00
	7. Consumo de agrotóxico	64,04		100,00	
	10. Geração de resíduo sólido	67,97		100,00	
	11. Erosão e compactação	100,00		100,00	
	12. Qualidade da água de irrigação	100,00		100,00	
	13. Queima de resíduos	100,00		100,00	
CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	6. Consumo de fertilizante	74,17	65,23	100,00	80,00
	7. Consumo de agrotóxico	64,04		100,00	
	14. Geração de efluentes	35,48		100,00	
	15. Aterramento de resíduo orgânico	100,00		0,00	
	4. Consumo de água	52,49		100,00	
CONSERVAÇÃO DO AR	3. Consumo de combustíveis	95,93	89,02	100,00	83,33
	6. Consumo de fertilizante	74,17		100,00	
	7. Consumo de agrotóxico	64,04		100,00	
	13. Queima de resíduos	100,00		100,00	
	15. Aterramento de resíduo orgânico	100,00		0,00	
	16. Irrigação por inundação	100,00		100,00	
QUALIDADE DO PRODUTO	8. Durabilidade do produto	41,67	41,67	100,00	100,00
	10. Uso de aditivos em alimentos	x		x	

Índice de Desempenho Ambiental Final

Substrato de coco verde - SCV	Substrato de coco seco - SCS
80,29	89,06

APÊNDICE O - Tabela com os valores médios, máximos e mínimos de cada indicador utilizados na análise de valores extremos

Indicador	Etapa	Tecnologia	Valor médio (VM)	Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (VM)	
1.1 Quantidade total de materiais	1 - Descarte cascas	SCV	66.800,00	35.135,14	120.400,00	
		SCS	7.221.375,00	6.391.975	7.846.255	
	2 - Produção do substrato	SCV	540,50	429,51	652,52	
		SCS	410,70	348,59	467,05	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	8,25	7,70	9,87	
		SCS	9,28	8,81	11,31	
	3b - Uso na produção de rosas	SCV	115,69	87,00	120,00	
		SCS	124,82	97,00	132,00	
	1.3 Quantidade de material não reciclado	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00
			SCS	7.221.375,00	6.391.975	7.846.255
2.1 Consumo total de energia elétrica	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00	
		SCS	659,00	375	999	
	2 - Produção do substrato	SCV	15,14	6,23	24,05	
		SCS	24,30	16,69	30,28	
3.1 Quantidade total de combustíveis	1 - Descarte cascas	SCV	60,24	31,68	108,57	
		SCS	2.025,00	1736	2604	
3.2 Quantidade de combustível fóssil	1 - Descarte cascas	SCV	60,24	31,68	108,57	
		SCS	2.025,00	1736	2604	
3.3 Quantidade de combustível não proveniente de resíduo	1 - Descarte cascas	SCV	60,24	31,68	108,57	
		SCS	2.025,00	1736	2604	

Indicador	Etapa	Tecnologia	Valor médio (VM)	Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (VM)	
4.1 Volume total de água	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00	
		SCS	6.250,00	5.875	6.625	
	2 - Produção do substrato	SCV	758,22	553,19	963,25	
		SCS	970,19	432,18	1335,10	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	88	83,6	105,6	
		SCS	55	52,25	57,75	
	3b - Uso na produção de rosas	SCV	4.517,95	4.488,20	4.636,95	
		SCS	3.845,20	3.842,10	3.848,30	
	4.2 Volume de água não reciclada	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00
			SCS	6.250,00	5.875	6.625
		2 - Produção do substrato	SCV	758,22	553,19	963,25
			SCS	970,19	432,18	1335,10
3a - Uso na produção de mudas		SCV	88	83,6	105,6	
		SCS	55	52,25	57,75	
3b - Uso na produção de rosas		SCV	4.517,95	4.488,20	4.636,95	
		SCS	3.845,20	3.842,10	3.848,30	
5.1 Área Desmatada		1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00
			SCS	219,78	194,54	238,80
11.1 Quantidade total de resíduos		2 - Produção do substrato	SCV	43,03	24,64	61,42
			SCS	33,81	9,13	67,88

Indicador	Etapa	Tecnologia	Valor médio (VM)	Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (VM)	
15.1 Carga de DBO	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00	
		SCS	3.840,02	714,93	10.917,89	
	2 - Produção do substrato	SCV	6.064,15	3.540,85	8.986,30	
		SCS	7.185,94	1.112,10	17.192,28	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	13,48	12,81	16,18	
		SCS	30,36	28,84	36,43	
	3b - Uso na produção de rosas	SCV	91,63	87,05	109,96	
		SCS	34,04	32,34	35,74	
	15.2 Carga de DQO	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00
			SCS	10.176,75	2.912,24	34.014,54
		2 - Produção do substrato	SCV	9.189,66	5.502,36	13.567,57
			SCS	10.002,78	1.579,38	23.783,49
3a - Uso na produção de mudas		SCV	22,94	21,79	27,53	
		SCS	58,78	55,84	70,54	
3b - Consumo na produção de Rosas		SCV	326,83	212,33	726,18	
		SCS	295,04	107,56	572,82	

Indicador	Etapa	Tecnologia	Valor médio (VM)	Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (VM)	
15.3 Carga de SST	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00	
		SCS	1.139,35	297,64	3.180,80	
	2 - Produção do substrato	SCV	1.008,66	654,15	1.422,99	
		SCS	1.030,44	319,17	1.711,10	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	6,92	6,57	8,30	
		SCS	19,02	18,07	22,83	
	3b - Consumo na produção de Rosas	SCV	78,51	49,78	112,11	
		SCS	35,35	26,36	46,78	
	15.4 Carga de NT	2 - Produção do substrato	SCV	18,53	6,29	33,47
			SCS	6,68	1,99	11,45
		3a - Uso na produção de mudas	SCV	0,15	0,14	0,18
			SCS	0,48	0,45	0,57
3b - Consumo na produção de Rosas		SCV	5,83	3,68	10,60	
		SCS	3,94	1,10	7,91	
15.5 Carga de FT	2 - Produção do substrato	SCV	20,76	16,56	25,94	
		SCS	8,66	1,79	18,61	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	0,60	0,57	0,72	
		SCS	0,13	0,13	0,16	
	3b - Consumo na produção de Rosas	SCV	4,90	4,53	5,93	
		SCS	0,83	0,30	1,43	

Indicador	Etapa	Tecnologia	Valor médio (VM)	Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (VM)	
15.6 Carga de Óleos e graxas	2 - Produção do substrato	SCV	56,13	31,07	86,50	
		SCS	14,00	1,20	38,07	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	1,61	1,53	1,93	
		SCS	2,91	2,76	3,49	
	3b - Consumo na produção de Rosas	SCV	21,99	13,92	351,78	
		SCS	16,31	4,24	243,80	
15.7 CE	2 - Produção do substrato	SCV	2,88	2,42	3,34	
		SCS	0,69	0,68	0,70	
	3b - Consumo na produção de Rosas	SCV	0,67	0,23	1,04	
		SCS	0,85	0,18	1,48	
15.8 Volume não reutilizado	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00	
		SCS	7.033,00	2.918	14.328	
	2 - Produção do substrato	SCV	600,08	543,13	657,02	
		SCS	754,06	249,35	1.177,63	
	3a - Uso na produção de mudas	SCV	87	83	105	
		SCS	55	52	66	
	3b - Consumo na produção de Rosas	SCV	1.235,27	1.205,52	1.354,27	
		SCS	823,91	820,81	827,01	
	16.1 Quantidade de resíduo orgânico aterrado	1 - Descarte cascas	SCV	0,00	0,00	0,00
			SCS	7.221.375,00	6.391.975	7.846.255