



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

JACKELINE LUCAS SOUZA

PROPOSTA METODOLÓGICA DE CÁLCULO PARA A PEGADA HÍDRICA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA

FORTALEZA

2014

JACKELINE LUCAS SOUZA

PROPOSTA METODOLÓGICA DE CÁLCULO PARA A PEGADA HÍDRICA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Linha de Pesquisa: Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis de Souza Filho

Coorientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

S715p

Souza, Jackeline Lucas.

Proposta metodológica de cálculo para a pegada hídrica na construção civil imobiliária / Jackeline Lucas Souza. – 2014.

222 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Recursos Hídricos.

Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis de Souza Filho.

Coorientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

1. Recursos hídricos. 2. Consumo de água - Metodologia. 3. Água - Uso. I. Título.

CDD 627

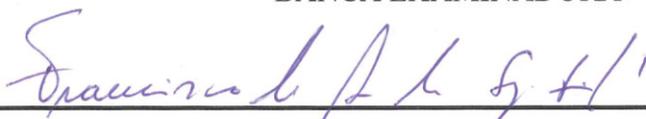
JACKELINE LUCAS SOUZA

PROPOSTA METODOLÓGICA DE CÁLCULO PARA A PEGADA HÍDRICA NA
CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Linha de Pesquisa: Gestão de Recursos Hídricos.

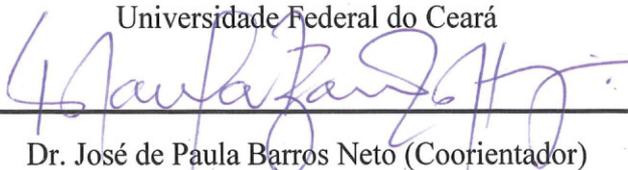
Aprovada em: 11 / 12 / 2014

BANCA EXAMINADORA



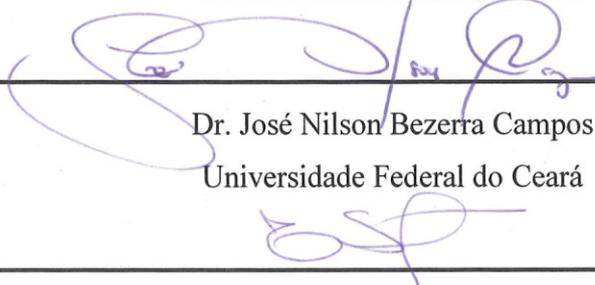
Dr. Francisco de Assis de Souza Filho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará



Dr. José de Paula Barros Neto (Coorientador)

Universidade Federal do Ceará



Dr. José Nilson Bezerra Campos

Universidade Federal do Ceará

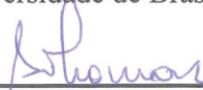
Dra. Ticiania Marinho de Carvalho Studart

Universidade Federal do Ceará



Dr. Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Universidade de Brasília



Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz

Universidade Estadual do Ceará

Dedico ao Senhor Jesus Cristo que me permitiu
alcançar esse projeto tão distante da minha
realidade, mas tão próximo de Seus planos para
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus Cristo, que me deu a oportunidade de participar de um doutorado, a fim de realizar um dos Seus projetos para minha vida.

Aos meus pais que ensinaram-me a não desistir diante dos obstáculos da vida, a ter humildade em busca de um aprendizado contínuo e a ter fé diante das adversidades da vida (mamãe).

Ao meu orientador professor Dr. Francisco de Assis de Souza Filho, grande homem em conhecimento e em pessoa, sempre disponível, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao professor Dr. José de Paula Barros Neto que aceitou o desafio de coorientar-me e abriu as portas do mercado da construção civil a fim de ajudar-me na obtenção dos dados do presente estudo.

Aos demais professores participantes da Banca examinadora Dr. José Nilson Bezerra Campos, Dra. Ticiania Marinho de Carvalho Studart, Dr. Oscar de Moraes Cordeiro Netto e Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz, pelo tempo dispendido na leitura desta pesquisa e pelas valiosas contribuições de melhoria.

A todos os professores do POSDEHA que permitiram, através de seus conhecimentos ensinados, capacitar-me à área de recursos hídricos.

Às secretárias do POSDEHA, Shirley e Terezinha, sempre atenciosas e solícitas em ajudar e facilitar ao atendimento das minhas necessidades.

Ao meu grande amigo Fábio Eduardo, doutorando e acima de tudo, um verdadeiro instrumento de Deus usado para permear seus conhecimentos científicos e morais em favor do próximo, no qual incluo-me.

Ao pessoal da construtora, em especial à Caroline Valente que se dispôs a fornecer informações e esclarecer diversas dúvidas durante o trabalho e ao Alexandre Mourão que abriu as portas da empresa para que este estudo fosse realizado.

À equipe do Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação (ITIC), em especial ao Dr. Carlos Artur Sobreira Rocha (PhD) pelo direcionamento na programação sistêmica desenvolvida neste trabalho, bem como ao Aluísio Cavalcante desenvolvedor parcial do programa.

À Vivane dos Santos, engenheira civil e amiga especial, que ajudou-me de forma incondicional nos esclarecimentos das atividades rotineiras da construção civil imobiliária.

Ao Vicente Lima Crisóstomo, chefe de departamento do curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal do Ceará, por sua compreensão nos momentos em que estive ausente do corpo docente, bem como pela disponibilidade da equipe do PET Contábeis para coleta de dados deste estudo.

À Carol, minha prima, que ajudou-me no levantamento dos dados junto aos fornecedores de materiais e prestadores de serviços do empreendimento estudado.

Às minhas amigas do grupo de oração – Alessandra, Luciane, Lucimar, Terezinha, Mara, Célia, Luiza, Rosana, Fatinha e outras – que nos momentos difíceis me ajudaram na interseção junto ao Senhor Jesus Cristo para consecução deste projeto de vida.

Enfim, aos meus amigos e familiares que me compreenderam pela ausência em diversos eventos durante esse desafio, em especial à profa. Dra. Alessandra Vasconcelos pela sua preciosa amizade, apoio e contribuições nesta empreitada.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de cálculo para mensurar a pegada hídrica (PH) na atividade de construção civil imobiliária. A pegada hídrica é um indicador empírico da quantidade, do período e do local onde a água é consumida e poluída, que é medido ao longo de toda a cadeia produtiva de um produto, mostrando não só o volume de água, como também o tipo de uso da água (consuntivo, de chuva, superficial ou subterrânea, ou a poluição da água), a localização e o momento em que a água foi usada. Para calcular a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária foi utilizada a metodologia de Hoekstra et al. (2011), utilizando o conceito parcial de ‘água azul’ – um tipo de medida de apropriação da pegada hídrica determinada pelo consumo, pela evaporação e pelo escoamento para o oceano – em seu uso/consumo para propósitos humanos, a fim de estimar o *quantum* de água é necessário para produção de um edifício residencial. A medição foi dividida em três grupos que compõem a atividade de construção civil, sendo estes: mão de obra, materiais e serviços. Os resultados comprovaram, estatisticamente, que uma amostra de 90 trabalhadores da mão de obra pôde ser extrapolada à média de trabalhadores utilizados ao longo da obra (115 trabalhadores), permitindo mensurar o volume do consumo de água (pegada hídrica) para o grupo mão de obra foi de 1.124.068.200,0 l de água (distribuída em Direta e Indireta), para o grupo materiais, formados por 128 itens que possuem componente hídrico, a pegada hídrica foi de 30.100.539,5 l de água (Indireta) e para o grupo serviços, formados por 92 itens que utilizam água em suas execuções, a pegada hídrica foi de 584.427.948,4 l de água (Direta), ou seja, no total do empreendimento a pegada hídrica de 1.738.596.688,0 l. Os consumos mais relevantes na mão de obra foram dados às categorias ‘líquidos’ e ‘outras higiênes’ na PH Direta e ‘industrializados’ e ‘transportes’ na PH Indireta; para os materiais maior destaque de consumo foi evidenciado nos ‘ferros CA’ (PH Indireta), e nos serviços, o maior consumo hídrico foi evidenciado no serviço de ‘proteção mecânica’ (PH Direta). O montante total de consumo de água (1.738.596.688,0 l) dividido pela área total do empreendimento (em m²) resultou em 93.978,2 l/m², onde a unidade habitacional de 157,14 m² possui uma pegada hídrica de 14.767.734,21 l e a de 167,12 m² uma pegada hídrica de 15.705.636,8 l. Conclui-se, que a pegada hídrica é uma metodologia capaz de mensurar o volume de água consumido na atividade de construção civil, permitindo às construtoras estimar esse volume desde a fase de planejamento da obra, a fim de obter gerir esse recurso ambiental escasso.

Palavras-chave: Pegada hídrica. Construção civil imobiliária. Metodologia de consumo da água.

ABSTRACT

This paper aims to propose a calculation methodology to measure the water footprint (PH) in the real estate construction activity. The water footprint is an empirical quantity indicator, the period and the place where the water is consumed and polluted, which is measured over the entire productive chain of a product showing not only the volume of water, as well as the type of water use (consumptive, rain, surface or underground, or water pollution), the location and the time when water was used. To calculate the water footprint in housing construction activity was used the methodology of Hoekstra et al. (2011) using the partial concept of 'blue water' - a kind of measure of ownership of the water footprint determined by consumption, evaporation and runoff into the ocean - in its use / consumption for human purposes in order to estimate the quantum of water is required to produce a residential building. The measurement was divided into three groups that make up civil construction activity, namely: labor, materials and services. The results showed statistically that a sample of 90 workers could be extrapolated to the average of workers employed throughout the work (115 employees), allowing to measure the volume of water consumption (water footprint) for the group of hand work was 1124068200.0 l of water (distributed direct and indirect) for the materials group consisting of 128 items that have water component, the water footprint was 30,100,539.5 l of water (Indirect) and for the service group, consisting of 92 items that use water, the water footprint was 584,427,948.4 l of water (Direct), ie the total of the enterprise the water footprint of 1738596688.0 l . The most relevant consumption workmanship were given to the categories 'liquid' and 'other higenes' in PH Direct and 'industrialized' and 'transport' in PH Indirect; for the most outstanding materials was evidenced in 'irons CA' (PH Indirect), and in services, the largest water consumption was evident in the service of 'mechanical protection' (PH Direct). The total amount of water consumption (1738596688.0 l) divided by the total area of the project (in m²) resulted in 93978.21 / m², where the housing unit of 157.14 m² has a water footprint of 14,767.734.2 l and 167.12 m² one water footprint of 15705636.8 l. It follows that the water footprint is a calculation method capable of measuring the volume of water consumed in construction activity, allowing builders estimate this volume from the work planning stage in order to manage this scarce environmental resource.

Keywords: Water Footprint. Real estate construction. Methodology water consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de revisão da literatura.....	15
Figura 2 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida	29
Figura 3 - Fases do ciclo de vida de um edifício associadas às exigências econômicas, ambientais e funcionais	33
Figura 4 - Fases de execução da pegada hídrica	38
Figura 5 - Pegada hídrica direta e indireta em cada estágio da cadeia de suprimento de um produto de origem animal.....	39
Figura 6 - Pegadas hídricas de processo como unidade básica para cálculo de todas PHs	44
Figura 7 - Esquema do sistema de produção do produto ‘p’ em ‘k’ passos de processo	47
Figura 8 - Esquema do último passo do processo no sistema de produção do produto ‘p’	48
Figura 9 - Classificação dos recursos naturais segundo USGS	66
Figura 10 - Fases de execução da pegada hídrica neste estudo.....	72
Figura 11 - Pegadas hídricas de processos para mensuração da pegada hídrica na construção civil imobiliária	80
Figura 12 - Composição dos quatro grupos básicos na atividade de construção civil imobiliária.....	83
Figura 13 - Pesquisa de campo - aplicação do questionário com os trabalhadores.....	85
Figura 14 - Recipientes utilizados para medir o consumo de alimentos na construção civil imobiliária	89
Figura 15 - Medidas de alimentos consumidos pelos trabalhadores na construção civil imobiliária....	90
Figura 16 - Pesagem da alimentação fornecida aos trabalhadores dentro da obra	91
Figura 17 - Empresa fornecedora de alimentos.....	93
Figura 18 - Visualização do programa ‘PH Trabalhador’, linguagem Filemaker (Parte I - continua)..	94
Figura 19 - Visualização do programa ‘PH Trabalhador’, linguagem Filemaker (Parte II - continuação)	95
Figura 20 - Visualização do programa ‘PH Trabalhador’, linguagem Filemaker (Parte III - conclusão)	95
Figura 21 - Fluxo da programação sistêmica ‘PH Trabalhador’ na construção civil imobiliária	96
Figura 22 - Disposição dos arquivos do programa PH Trabalhador	96
Figura 23 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ – Construtora	97
Figura 24 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ - Obra.....	98
Figura 25 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ – Trabalhador.....	99
Figura 26 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ – Pesquisa	100
Figura 27 - Cadastramento das categorias e dos produtos no programa ‘PH Trabalhador’	102
Figura 28 – Ajustes que podem ser realizados nas categorias, nas PH e quaisquer outros dados no sistema.....	103
Figura 29 – Consultas que podem ser realizados nas categorias, nas PH e quaisquer outros dados no sistema.....	104
Figura 30 - Balde de 8 l para medição da vazão do chuveiro.....	113
Figura 31 - Diagrama de Gantt (planejamento da obra).....	116
Figura 32 - Pegadas hídricas dos Processos no sistema de produção na construção civil	117
Figura 33 - Representação de um Processo com suas etapas ou subprocessos para cálculo da pegada hídrica.....	118
Figura 34 - Fluxograma da mensuração da PH.....	120
Figura 35 - Estados de origem dos Materiais com pegada hídrica, utilizados construção civil imobiliária (fluxo do comércio de água).....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte I – continua).....	6
Tabela 2 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte II – continuação).....	7
Tabela 3 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte III – conclusão).....	8
Tabela 4 - Distribuição das publicações catalogadas	9
Tabela 5 - Quantidade de publicações cadastradas no site da WFN	9
Tabela 6 - Detalhamento das publicações corporativas no site da WFN	10
Tabela 7 - Estudos sobre indicadores de sustentabilidade na construção civil	20
Tabela 8 - Impactos negativos ao meio ambiente causados pela construção civil	27
Tabela 9 - Componentes da Formação Bruta de Capital Fixo: 2011-2013*	62
Tabela 10 - Metodologia de cálculo da pegada hídrica: Hoekstra et al. (2011) versus estudo na construção civil imobiliária.....	79
Tabela 11 - Equipamentos utilizados no empreendimento sem mensuração de PH	84
Tabela 12 - Diagrama efetivo da obra e amostra distribuída nas funções.....	88
Tabela 13 - Equipamentos utilizados no empreendimento, sem mensuração de PH	92
Tabela 14 - Agrupamento das 52 questões da PH Trabalhador por Categorias	101
Tabela 15 - Distribuição das 52 questões da PH Trabalhador por tipo de PH	105
Tabela 16 - PH de diversos produtos para cálculo do PH Trabalhador.....	106
Tabela 17 - PH Transportes para cálculo da questão 17	111
Tabela 18 - PH das vazões médias - chuveiro, torneira, bebedouro e descarga.....	112
Tabela 19 - Processos que envolvem serviços sem água ou sem mensuração do consumo de água ..	119
Tabela 20 - Exemplo de validação do quantitativo de materiais x serviços da obra.....	122
Tabela 21 - Exemplos da metodologia utilizada para cálculo da PH dos serviços	123
Tabela 22 - Validação da amostra de 90 trabalhadores.....	129
Tabela 23 - PH Mão de Obra por função (período da obra).....	129
Tabela 24 - PH do Trabalhador Direta e Indireta dentro da obra.....	130
Tabela 25 - 10 bairros mais ricos de Fortaleza/CE.....	131
Tabela 26 - PHs médias dos bairros de Fortaleza e cidades próximas acima da PH média geral do estudo	132
Tabela 27 - Distribuição (%) dos meios de transporte utilizados pelos trabalhadores.....	134
Tabela 28 - Componentes de PH dos trabalhadores não mensurados	136
Tabela 29 - PH do trabalhador Direta e Indireta fora da obra	137
Tabela 30 - Comparativo PH do trabalhador dentro e fora da obra	137
Tabela 31 - UFs de origem dos Materiais utilizados na obra para os 128 itens mapeados	141
Tabela 32 - Mensuração da pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária	144

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantitativo e aplicabilidade da pegada hídrica nos setores, produtos e serviços.....	5
Gráfico 2 - Diagrama efetivo da obra em estudo	87
Gráfico 3 - Distribuição da PH média mensal por categorias	133
Gráfico 4 - PH do trabalhador/categoria dentro e fora da obra (%).....	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Uso do fluxo da pegada hídrica.....	36
Quadro 2 - Tipos de cálculo da pegada hídrica.....	37
Quadro 3 - Componentes de insumos da construção civil - recursos naturais	68
Quadro 4 - Literatura dos componentes hídricos para cálculo do PH Trabalhador	108

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Pegada hídrica processo azul.....	44
Equação 2 - Pegada hídrica processo verde	45
Equação 3 - Pegada hídrica processo cinza.....	46
Equação 4 - Pegada hídrica de um processo	48
Equação 5 - Pegada hídrica de um processo mais pegada hídrica dos insumos.....	48
Equação 6 - Fração do produto	49
Equação 7 - Fração de valor	49
Equação 8 - Pegada hídrica do produto processado por um insumo	49
Equação 9 - Pegada hídrica do consumidor	50
Equação 10 - Pegada hídrica do consumidor indireto	50
Equação 11 - Pegada hídrica do produto final 'p' detalhada.....	51
Equação 12 - Definição da amostra da pesquisa na Mão de Obra	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AHP	Analytical Hierarchical Process
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
ANAMACO	Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção
AQUASTAT	Sistema de Informação da FAO sobre o Uso da Água na Agricultura e nas zonas rurais
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BEM	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CERF	Civil Engineering Research Foundation
CLIMWAT	Climat Database
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
COOPERCON	Cooperativa da Construção Civil do Ceará
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMC	Domestic Material Consumption
DQI	Design Quality Indicator
EBT	Empresa Brasileira de Transportes
EMAS	Eco Management and Audit Scheme
EPMM	EverSystems Project Management Methodology
ETUFOR	Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
EUROSTAT	European Statistics
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOCLIM	World-wide Agroclimatic Database of FAO
FBCF	Formação Bruta de Capital Fixo
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FSC	Forest Stewardship Council
GBTool	Green Building Tool
GIZ	German Society for International Cooperation
GLP	gás liquefeito do petróleo
GRI	Global Reporting Initiative
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPG	Índice de Progresso Genuíno
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISA	Índice de Sustentabilidade Ambiental
ISO	International Organization of Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MCDA	Multi-criteria Decision Analysis
MFA	Assessment of Material Flow
ONG	Organização Não Governamental
ONU	United Nations Organization
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAR	Programa de Arrendamento Residencial
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PC	Pegada do Carbono
PE	Pegada Ecológica
PH	Pegada Hídrica
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios
RFA	Resource Flow Analysis
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SINDIÔNIBUS	Sindicato dos Ônibus
SUBETool	Sustainable Built Environment Tool
SWNZ	Sustainable Wine Growing New Zealand
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
UNCSD	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável
UNEP	United Nations Environment
UNESCO-IHE	United Nations Organization for Education Science and Culture
USGBC	Green Building Council of U.S.
USGS	United States the Geological Survey
WFN	Water Footprint Network
WWF-UK	World Wildlife Fund of United Kingdom

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Relevância e contribuição científica	1
1.2	Originalidade e ineditismo	4
1.3	Objetivos da pesquisa	11
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	11
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	11
1.4	Escopo	11
2.	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	Sustentabilidade ambiental	16
2.1.1	<i>Conceitos e modelos</i>	16
2.1.2	<i>Indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil</i>	18
2.1.3	<i>Avaliação do ciclo de vida (ACV)</i>	25
2.2	Pegada hídrica	35
2.2.1	<i>Revisão conceitual</i>	41
2.2.2	<i>Modelos internacionais</i>	51
2.2.3	<i>Modelos nacionais</i>	58
3.	SETOR DE APLICAÇÃO	60
3.1	Indústria de construção civil e o uso dos recursos naturais	60
3.1.1	<i>Indústria de construção civil no mundo</i>	60
3.1.2	<i>Indústria de construção civil no Brasil</i>	62
3.1.3	<i>Indústria de construção civil no Estado do Ceará</i>	63
3.1.4	<i>Indústria de construção civil e os recursos naturais</i>	65
3.2	Caracterização do objeto de estudo	69
4.	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	72
5.	METODOLOGIA DE CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA	82
5.1	Detalhamento metodológico na construção civil imobiliária	82
5.2	Coleta e operacionalização dos dados	94
5.2.1	<i>Mão de obra</i>	94
5.2.2	<i>Materiais</i>	113
5.2.3	<i>Serviços</i>	115
6.	RESULTADOS	125

6.1	Indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil imobiliária e avaliação do ciclo de vida (ACV)	125
6.2	Pegada hídrica na construção civil imobiliária	128
6.2.1	<i>Mão de obra</i>	128
6.2.2	<i>Materiais</i>.....	139
6.2.3	<i>Serviços</i>.....	142
7.	CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	143
	REFERÊNCIAS.....	149
	APÊNDICES	169
	APÊNDICE A – MODELO CARTA PADRÃO ENVIADA AOS FORNECEDORES	169
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA PH TRABALHADOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA.....	170
	APÊNDICE C – CÁLCULO PH TRABALHADOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA EM CADA QUESTÃO.....	172
	APÊNDICE D – 92 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 1 (INFORMAÇÃO EXATA DO FORNECEDOR – CONTINUA PARTE I - IV)	180
	APÊNDICE E - 17 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 2 (INFORMAÇÃO A SER TRANSFORMADA).....	184
	APÊNDICE F - 18 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 3 (INFORMAÇÃO A SER APROPRIADA PELO VOLUME FORNECIDO COM BASE EM RATEIO)	185
	APÊNDICE G – PROCESSOS E SUBPROCESSOS (SERVIÇOS) QUE UTILIZAM ÁGUA EM SUAS EXECUÇÕES (CONTINUA PARTE I - VIII).....	186
	APÊNDICE H – 91 SERVIÇOS QUE UTILIZAM ÁGUA EXECUTADOS NA OBRA (CONTINUA I – V)	194
	APÊNDICE I – DETALHAMENTO DA ORIGEM DOS MATERIAIS COM PH UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA (CONTINUA PARTE I - VII).....	199

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores-chave para o crescimento econômico, uma vez que suas atividades produzem efeitos favoráveis à economia. É um setor estrategicamente importante para o crescimento dinâmico do país ou da região exercendo forte impacto na economia, onde o progresso deste setor induz ao desenvolvimento de outros setores como por exemplo na geração de emprego e renda; na criação de infraestrutura econômica pela instalação de portos, aeroportos, ferrovias e outros.

Para Teixeira e Carvalho (2006), a indústria de construção amplia a oferta de energia, transportes e telecomunicações - condições essenciais para o desenvolvimento econômico -, por isso deve ser um setor preterido aos investimento e recebimento de incentivos fiscais e creditícios.

O setor da construção civil passa por um longo ciclo de transformação no que se refere aos processos, tecnologias e metodologias de execução, com reflexos imediatos no aumento da produtividade. Esse reflexo, apesar de exercer um papel fundamental no desenvolvimento do país, direciona a indústria de construção civil a tornar-se peça-chave no atendimento dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável, por ser uma das atividades que consome diversos recursos naturais.

Dentro do contexto de importância da atividade de construção civil, o recurso ambiental 'água' é vislumbrado sob dois pontos de vista: o uso racional da água em edifícios já construídos (KALBUSCH, 2011) e a comparação entre o consumo de água nas etapas de construção, operação e manutenção de edificações (CRAWFORD, 2011). Além destes, a mensuração da pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária evidencia, sob um novo ponto de vista, o uso da água consumida de forma direta e indireta, estimando-a volumetricamente para a produção de um edifício residencial, ao longo de toda a sua cadeia produtiva (materiais de construção, serviços acoplados à construção e à construção propriamente dita).

1.1 Relevância e contribuição científica

O segmento de construção civil é de extrema relevância ao desenvolvimento econômico do país – crescimento do PIB no setor em 2013 de 1,6%, com mais de 10 milhões de pessoas empregada direta e indiretamente, apesar de apresentar decréscimo em relação aos anos 2012 e 2011 (CBIC, 2014).

Os recursos naturais, dentre eles os minerais, também exercem influência significativa para a sociedade, a tal ponto que as fases de evolução da humanidade são divididas em função dos tipos de minerais utilizados: idades da pedra, do bronze, do ferro, e outros. Nenhuma civilização pode prescindir ao uso dos bens minerais, principalmente quando se fala em qualidade de vida, uma vez que as necessidades básicas do ser humano - alimentação, moradia e vestuário - são atendidas essencialmente por estes recursos.

No que tange ao recurso natural 'água' o setor urbano é responsável por 26% do consumo de toda a água bruta do país, sendo a construção civil responsável pelo consumo de 16% de toda a água potável, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014).

Diante das evidências de importância dos recursos naturais mudanças têm sido regulamentadas e exigidas por leis de proteção ambiental mais rigorosas (Lei nº 6.938, de 17 de janeiro de 1981, Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dentre outras), atendendo ao desejo dos consumidores cada vez mais exigentes os quais se preocupam com os gastos de manutenção futuros, ou seja, com a capacidade de suprir as necessidades da geração presente sem afetar as habilidades das gerações futuras de suprir as suas.

Sob a perspectiva de sustentabilidade ambiental a presente pesquisa é relevante ao empregar uma prática que atenda às necessidades da sociedade pela estimativa de consumo da água através de sua mensuração, planejamento e gestão, sem alterar a essência da atividade econômica da construção civil. Como a construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados, uma vez que a primeira promove incrementos no valor adicionado das atividades, bem como o efeito multiplicador da renda, faz-se necessário inserir nesse segmento práticas sustentáveis.

Práticas sustentáveis têm sido aplicadas em várias empresas brasileiras nos diversos segmentos e recursos ambientais, dentre elas o aproveitamento da água da chuva e o reuso de 'águas cinzas', especificamente na atividade de construção civil, baseiam-se em parte do conceito de pegada hídrica (PH). Em linhas gerais, a PH é um indicador empírico (com base em coleta de dados) que localiza e mede a quantidade de água consumida em toda a cadeia produtiva de um bem, evidenciada no volume de água consumida na sua fonte, seu período e seu local de uso - volume total de água doce utilizada para a produção de bens ou serviços (HOEKSTRA et al., 2011).

A relevância da PH para a sociedade, na atividade de construção civil, evidencia aos agentes envolvidos que a consciência e a estratégica ambiental são fatores levados em consideração por organizações como parte de sua responsabilidade social empresarial, uma vez

que a redução da PH pode ser parte da estratégia ambiental do negócio. Além disto, muitos negócios, atualmente, enfrentam sérios riscos relacionados à escassez de água doce em suas operações ou em sua cadeia produtiva; os governos necessitam de formulação de medidas regulamentares de controle, por metodologias de cálculo que embasem essas políticas; e as empresas utilizam esse indicador de sustentabilidade como instrumento para reforçar a imagem corporativa e fortalecer a sua marca no mercado.

Sedimentar a aplicabilidade da PH como indicador de caráter multidimensional do consumo da água contribui cientificamente para a sociedade, ao passar de uma visão mais tradicional de contabilização da água para uma visão abrangente que envolve o uso indireto da mesma – toda a água utilizada na cadeia de produção de um produto ou de um processo produtivo (HOEKSTRA et al., 2011). Adicionalmente, ao separar e classificar a água de acordo com sua fonte e impacto – água azul, água verde e água cinza – permite que estudos acadêmicos se aprofundem de maneira distinta para obtenção mais precisa dos resultados.

Por outro lado, no que tange à relevância deste estudo para o mercado de construção civil, a água é um ‘material de construção’, uma vez que nas composições dos custos dos serviços de engenharia, o custo da água é utilizado em quase todos os serviços de engenharia ora como componente (por exemplo: em concretos e argamassas, na compactação dos aterros, dentre outros), ora como ferramenta (por exemplo: nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura do concreto, dentre outros).

Por ser um componente que influencia diretamente a qualidade e segurança da obra, a água é extremamente necessária, fato este que a faz imprescindível de mensuração ainda na fase de planejamento para execução da obra. Para tanto, a pegada hídrica permite estimar o quanto (em volume) é necessário ter-se em disponibilidade hídrica, seja por perfuração de poços ou por fornecimento de água através de companhia fornecedora dos recursos hídricos.

Atualmente, empresas mais competitivas e inovadoras estão empenhadas em atender a demanda crescente pela sustentabilidade, produzindo obras com menor impacto para o meio ambiente. Diante deste fato, a utilização do indicador de sustentabilidade ambiental ‘Pegada Hídrica’ permite que as construtoras tentem contabilizar os gastos com água na fase orçamentária da obra promovendo melhor gestão deste recurso escasso tanto pelos órgãos públicos gestores, como pelas empresas privadas de construção civil.

Atualmente, tanto instituições públicas quanto privadas implementam políticas ambientais necessárias para diminuir os impactos sobre os recursos hídricos, considerando não apenas o uso direto de água dos processos de consumo e produção, como o uso indireto para produzir bens e serviços que compõem a estrutura desses insumos e produtos. Desta forma, no

contexto de responsabilidade social expandida, todos os agentes envolvidos assumem obrigações de caráter moral e legais (competitividade sistêmica), mesmo que não diretamente vinculadas as suas atividades (equidade social), mas que contribuem ao desenvolvimento sustentável para a sociedade (sustentabilidade ambiental).

Outra contribuição relevante para a utilização da metodologia proposta no presente estudo é a criação de um Banco de Dados das características de consumo de água de cada trabalhador da obra, possibilitando a coleta e a armazenagem desses dados primários em uma plataforma móvel iOS. Este diferencial de plataforma móvel e de utilização de dados primários não têm sido observados em estudos anteriores da pegada hídrica que apontam uso de Banco de Dados fixos tais como FAOCLIM (CHAPAGAIN; HOEKSTRA, 2011), CLIMWAT, AQUASTAT e EUROSTAT.

Pode-se considerar como uma contribuição relevante ao mercado os 220 componentes hídricos (pegada hídrica) informados, respectivamente, para os Materiais utilizados (128 componentes hídricos) e os Serviços (92 componentes hídricos) executados na atividade de construção civil imobiliária, em edifícios residenciais.

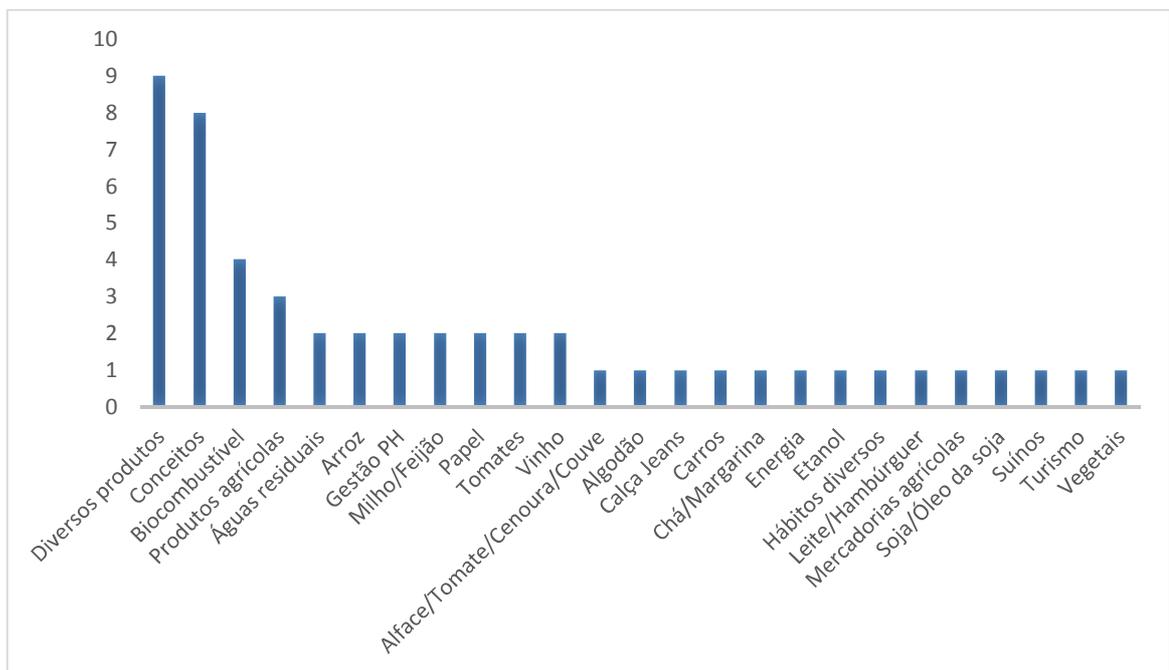
1.2 Originalidade e ineditismo

Com o intuito de confirmar a originalidade e o ineditismo da presente pesquisa realizou-se busca de dados no Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) – base de dados coordenada e organizada pelo Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia (IBICT) -, em periódicos internacionais e nacionais no *Google Acadêmico* e nos periódicos *Qualis/CAPES* nacionais e internacionais, utilizando as seguintes palavras-chave e terminologias, em inglês e em português: pegada hídrica (*water footprint*), indicadores de sustentabilidade na construção civil (*indicators of environmental sustainability in building*), avaliação do ciclo de vida na construção civil (*assessment of the life cycle in building*), ciclo de vida do produto (*life cycle of the product*), água na construção civil (*water in building*), pegada (*footprint*) e construção civil. Além dessa forma de busca, foi criado no *Google Acadêmico* um ‘aviso de alerta’ para todas as publicações que acontecessem a qualquer tempo com qualquer palavra contida na frase ‘mensuração pegada hídrica’ - desde 06/2013 - serem encaminhados os *links* para o e-mail da autora. Todas as buscas se deram inicialmente nas palavras-chave, resumos e títulos e, posteriormente, no conteúdo metodológico.

O estudo foi realizado com base em três eixos teóricos (Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida e Pegada Hídrica), sendo intensificado sua aplicabilidade para o último (Pegada Hídrica) que recebeu foco à presente pesquisa.

Para evidenciar que a aplicabilidade da ‘Pegada Hídrica na Atividade de Construção Civil Imobiliária’ é inédita e original, foram catalogados artigos em anais e periódicos, bem como teses e dissertações, demonstrando que nada fora publicado sobre o assunto (Gráfico 1 e Tabelas 1, 2 e 3).

Gráfico 1 - Quantitativo e aplicabilidade da pegada hídrica nos setores, produtos e serviços



Fonte: Elaborado pela autora (2014).

De uma forma geral, percebe-se que a maior parte das publicações se refere à análise de ‘Diversos produtos’ (nove publicações), a partir de dados secundários (Bancos de dados disponíveis) e de uma forma específica ao produto que mais se destaca ‘Biocombustível’ (quatro publicações).

No que tange ao período de publicação, das 52 mapeadas com mais de 70% de aderência, tem-se: uma publicação nos anos de 2006 e 2007, seis em 2009, duas em 2010, 11 em 2011, 13 publicações em 2012, 15 publicações em 2013 e três publicações até 10/2014.

Tabela 1 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte I – continua)

Seq.	Ano	Nome	Tipo	Origem		Aplicabilidade da PH
				Nacional (N)/ Internacional (I)	País	
1	2006	The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries	Artigo	Internacional	Países que compõem a UE-25	Consumo de algodão
2	2007	The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural	Artigo	Internacional	Marrocos e Holanda	Mercadorias agrícolas
3	2009	Atrás dos passos da pegada hídrica	Artigo	Nacional	Brasil	Conceitos e evidências maior na Espanha
4	2009	An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of Spanish tomatoes	Artigo	Internacional	Espanha	PE vs. PH, onde ACV e PE são úteis para PH tomates
5	2009	Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: ecological and water footprints	Artigo	Internacional	China	PH e PE análise de insumo-produto em Pequim
6	2009	National water footprint in an input–output framework - a case study of China 2002	Artigo	Internacional	China	PH China em insumos-produtos
7	2009	The external water footprint of the Netherlands: geographically-explicit quantification and impact assessment	Artigo	Internacional	Holanda	PH nos países baixos de bens agrícolas, industriais e domésticos
8	2009	Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para determinação da pegada de água	Dissertação	Internacional	Portugal	Ferramenta de PH em Lisboa
9	2010	From water to energy: the virtual water content and water footprint of biofuel consumption in Spain	Artigo	Internacional	Espanha	Biocombustível
10	2010	Pegada de água associada à produção do vinho verde branco	Dissertação	Internacional	Portugal	Vinho verde branco
11	2011	The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives	Artigo	Internacional	Índia e outros países	Arroz: produção e consumo
12	2011	Rethinking the concepts of virtual water and water footprint in relation to the production–consumption binomial and the water–energy nexus	Artigo	Internacional	Espanha	PH e Água Virtual: conceitos, estimativas e aplicações
13	2011	Corporate social responsibility: sustainable water use	Artigo	Internacional	Holanda	Práticas do uso da água e o método da PH em 20 empresas multinacionais
14	2011	Fuzzy input-output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints	Artigo	Internacional	Itália	Ladrilho e biocombustível no modelo de fuzzy insumo-produto
15	2011	On the water footprint of energy from biomass: a comment	Artigo	Internacional	França	Energia a partir da biomassa e energia sob a óptica da PH
16	2011	The water supply footprint (WSF): a strategic planning tool for sustainable regional and local water supplies	Artigo	Internacional	Austrália	Pegada de Abastecimento de Água (WSF) em balanços hídricos regionais
17	2011	Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use	Artigo	Internacional	12 países	Impactos consumo d'água sobre etanol com base no ACV

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Tabela 2 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte II – continuação)

Seq.	Ano	Nome	Tipo	Origem		Aplicabilidade da PH
				Nacional (N)/ Internacional (I)	País	
18	2011	Gestão sustentável de cadeias de suprimento: análise da indução e implementação de práticas de sustentabilidade por uma empresa brasileira do setor de cosméticos	Tese	Nacional	Brasil	Empresa Natura - PH
19	2011	Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas	Dissertação	Internacional	Portugal	Diversos produtos agrícolas e comparar com a PH portuguesa
20	2011	Pegada hídrica: um estudo de caso de água cinzenta de um produto agrícola	Dissertação	Internacional	Portugal	PH cinza produto agrícola
21	2011	Sustentabilidade, água virtual e pegada hídrica: um estudo exploratório no setor bioenergético	Dissertação	Nacional	Brasil	Biocombustível: etanol e biodiesel
22	2012	Addressing the water footprint concept: a demonstrable strategy for papermaking industry	Artigo	Internacional	China	Fabricação de papel A-4 e papel revestido
23	2012	Carbon and water footprint tradeoffs in fresh tomato production	Artigo	Internacional	Austrália	Tomate: PC e necessidade de uso da ACV p/ redução PH
24	2012	Carbon, land and water footprint accounts for the European Union: consumption, production and displacements through	Artigo	Internacional	Países da União Europeia	Consumo/produção/água virtual na PH e na PC na EU
25	2012	Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework	Artigo	Internacional	Setores da economia mundial	Interação entre PH e PE, para PC na metodologia insumo-produto
26	2012	The impact of local crops consumption on the water resources in Beijing	Artigo	Internacional	China	Consumo de vegetais produzidos em Pequim
27	2012	The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products	Artigo	Internacional	Bélgica/Holanda	Comparativo da PH leite/hambúrguer soja com leite vaca/hambúrguer
28	2012	Towards quantification of the water footprint of paper: a first estimate of its consumptive component	Artigo	Internacional	Diversos países	Estimativa para produção de papel
29	2012	Understanding Beijing's water challenge: a decomposition analysis of changes in Beijing's water footprint between 1997 and 2007	Artigo	Internacional	China	Expansão de Pequim e consequente dependência da PH Externa
30	2012	Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea	Artigo	Internacional	Diversos países	ACV e PH no chá e margarina: avaliação impactos ACV usando PH
31	2012	Water footprint of european cars: potential impacts of water consumption along automobile life cycles	Artigo	Internacional	Diversos países	PH carros Polo, Golf e Passat (Volkswagen)
32	2012	Gestão e uso da água na suinocultura: um diagnóstico a partir de comparação de pegadas hídricas	Tese	Nacional	Brasil	Suínos
33	2012	Análise comparativa entre a pegada hídrica do norte de Portugal e a pegada hídrica nacional	Dissertação	Internacional	Portugal	Análise detalhada da PH macroeconômica e características
34	2012	Emprego da pegada hídrica e análise do ciclo de vida para a avaliação do uso da água na cadeia produtiva de biodiesel da soja	Dissertação	Nacional	Brasil	Biodiesel da soja
35	2013	A review on the indicator water footprint for the EU28	Artigo	Internacional	União Europeia	PH média desses países: EU27 e Croácia

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Tabela 3 - Publicações sobre pegada hídrica nas bases pesquisadas (Parte III – conclusão)

Seq.	Ano	Nome	Tipo	Origem		Aplicabilidade da PH
				Nacional (N)/ Internacional (I)	País	
36	2013	Water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products	Artigo	Internacional	Espanha	Fatores agrícolas da PH na produção de jeans, dando foco ao algodão
37	2013	An input-output approach to evaluate the water footprint and virtual water trade of Beijing, China	Artigo	Internacional	China	PH direta e indireta em diversos setores de Pequim (2002-2007)
38	2013	Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy	Artigo	Internacional	Itália	Mudanças climáticas e produtividade milho (2001-2010)
39	2013	Input-output analysis of virtual water transfers: case study of California and Illinois	Artigo	Internacional	EUA	Transferência de águas virtuais: Califórnia e Illinois
40	2013	Preface: water footprint	Artigo	Internacional	Diversos países	Apresentação de diversos trabalhos conferência África do Sul
41	2013	Regional water footprint evaluation in China: a case of Liaoning	Artigo	Internacional	Diversos setores	PH regional na China: produção e consumo
42	2013	Uso e disponibilidade hídrica no semiárido do Brasil	Artigo	Nacional	Brasil	Estimativa da PH verde e azul em uma bacia: milho e feijão
43	2013	Virtual water accounting for the globalized world economy: national water footprint and international virtual water trade	Artigo	Internacional	Diversos países	Água virtual: avaliação global em 112 regiões
44	2013	Water footprint assessment for wastewater treatment: method, indicator and application	Artigo	Internacional	China	PH cinza em Pequim
45	2013	Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant	Artigo	Internacional	Romênia	PH da indústria vinícola
46	2013	Water footprinting of agricultural products: a hydrological assessment for the water footprint of New Zealand's wines	Artigo	Internacional	Nova Zelândia	PH na produção de uva de vinho
47	2013	Estimativa da pegada hídrica cinza relativa ao fósforo na bacia hidrográfica do Ribeirão Piriá (DF/GO)	Dissertação	Nacional	Brasil	PH cinza bacia Ribeirão Piriá
48	2013	Pegada de água associada à preparação de hortícolas numa unidade de restauração	Dissertação	Internacional	Portugal	PH de alface, tomate, cenoura e couve coração/branca
49	2013	Avaliação dos conceitos de água virtual e pegada hídrica na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da soja e do óleo de soja	Dissertação	Nacional	Brasil	Soja e óleo de soja: conceitos e cálculo PH
50	2014	The water footprint of tourism in Spain	Artigo	Internacional	Espanha	PH azul e verde em prods. agrícolas, industriais e em serviços do turismo
51	2014	Pegada hídrica em uma comunidade de consumidores em Fortaleza/CE: análise das pegadas rápida e estendida na metodologia 'Water Footprint Network'	Artigo	Nacional	Brasil	Hábito dos consumidores em Fortaleza/CE
52	2014	Manejos da irrigação e da adubação na cultura de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) visando incrementar a eficiência do uso da água e do nitrogênio	Tese	Nacional	Brasil	Culturas irrigadas do arroz na Argentina

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A composição dessas publicações está dividida em 80,8% internacionais (36 artigos e seis dissertações) e 19,2% nacionais (três artigos, três teses e quatro dissertações), de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição das publicações catalogadas

Tipo		Artigo	Tese	Dissertação
Nacionais	10	3	3	4
Internacionais	42	36	0	6
Total	52	39	3	10
Total (%)	100%	75%	6%	19%

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Como a Pegada Hídrica tem origem recente – internacionalmente desde 2003 e nacionalmente desde 2007 – novas pesquisas detêm um universo de possibilidades, a fim de desbravar seu conteúdo de aplicabilidade tão vasta. A fim de confirmar ou refutar esta evidência, foram levantadas também todas as publicações cadastradas no *site* da WFN (<http://www.waterfootprint.org/?page=files/Publications>) – organização que desenvolve mundialmente estudos sobre a pegada hídrica – evidenciando que a maior parte das publicações estão entre os anos de 2006 e 2014 (39%, equivalente a 71 publicações) e que em todos os tipos de publicações (periódicos, relatórios da UNESCO-IHE, publicações corporativas e outras publicações) o maior percentual está em 2012 (19%, equivalente a 18 publicações) (Tabela 5).

Tabela 5 - Quantidade de publicações cadastradas no site da WFN

Ano	Quantidade				Total/ano	(%)
	Periódicos	Relatórios UNESCO-IHE	Corporativas	Outras		
2014	12	1	1	4	18	10%
2013	12	5	3	5	25	14%
2012	18	5	0	12	35	19%
2011	7	7	4	5	23	13%
2010	6	9	4	6	25	14%
2009	7	4	1	2	14	8%
2008	2	10	0	5	17	9%
2007	4	2	0	1	7	4%
2006	3	4	0	1	8	4%
2005	0	2	0	1	3	2%
2004	0	1	0	0	1	1%
2003	0	4	0	2	6	3%
2002	0	1	0	0	1	1%
Total	71	55	13	44	183	100%
(%)	39%	30%	7%	24%	100%	

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

As publicações corporativas são estudos realizados sobre a pegada hídrica em diversas empresas e produtos (Tabela 6), semelhante ao que será aplicado na presente pesquisa.

Tabela 6 - Detalhamento das publicações corporativas no site da WFN

Ano	Assunto	Empresa
2014	PH das máquinas HP	HP
2013	PH algodão para fabricação de roupas	C & A
2013	PH cinza produção algodão convencional vs. Orgânico	C & A
2013	PH diversas empresas de um grupo empresarial	Grupo TATA
2011	PH bananas e abacaxis	Dole Fode Company e Solo & More International
2011	PH bebidas	Indústrias de Bebidas
2011	PH terceirização do açúcar na Europa, em Bruxelas e na Bélgica	Coca Cola Europa
2011	PH papel	UPM-Kymmene
2010	PH cebola desidratada	Jain Irrigation Systems Ltda
2010	PH TCCC e TNC	Coca Cola e Nature Conservancy EUA
2010	Avaliação do futuro da água	SABMiller e WWF-Reino Unido
2010	PH de Bitsize Shedderd Wheat	Nestlé
2009	Riscos da água na cadeia de valor	SABMiller e WWF-Reino Unido
Total		13 publicações

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Desta forma, percebe-se que na mensuração da pegada hídrica em publicações corporativas empresariais não há qualquer avaliação realizada na atividade de construção civil imobiliária.

Diante deste levantamento, o presente estudo se propõe a responder a seguinte questão problema: **Como aplicar uma metodologia de cálculo para a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária?**

A fim de obter resposta ao questionamento proposto foram delineados objetivos geral e específicos na seção 1.3.

1.3 Objetivos da pesquisa

1.3.1 Objetivo geral

Propor uma metodologia de cálculo para a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária.

1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil, buscando evidências sobre a vida útil dos mesmos;
- Submeter evidências dos modelos nacionais e internacionais de mensuração de pegada hídrica à mensuração na atividade de construção civil imobiliária;
- Elaborar um Banco de Dados na plataforma móvel da *Apple* iOS para mensuração da pegada hídrica da Mão de Obra e demais variáveis envolvidas;
- Avaliar e diagnosticar o uso/consumo volumétrico, direto e indireto, da ‘água azul’ na atividade de construção civil imobiliária, pela mensuração nos Serviços, nos Materiais e na Mão de Obra utilizados no processo de produção de imóveis residenciais.

Para desenvolvimento do presente estudo, foi traçado o Escopo de acordo com a seção 1.4.

1.4 Escopo

No escopo desta pesquisa ,são delineados os processos, recursos, dados de entrada e outros que possam contribuir para a quantificação da pegada hídrica (PH) desejada. Desta forma, a pesquisa se propõe a mensurar a PH na atividade de construção civil imobiliária, mapeando os processos envolvidos (SILVA; BARROS, 2013), a fim de obter o volume de água consumido (em l), direta e indiretamente, na produção de imóveis residenciais, por serviço executado; por material utilizado; e por mão de obra empregada – principais itens que compõem o produto –, buscando obter o volume de água utilizado neste ramo de negócio.

O presente estudo, realizado pelo programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, do Centro de Tecnologia, com Linha de Pesquisa em Gestão de Recursos Hídricos, tem por objetivo geral propor uma metodologia de cálculo para a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária, sob a utilização parcial da metodologia definida por Hoekstra et al. (2011), a fim de quantificar volumetricamente o consumo de água doce, pela fonte de ‘água

azul’, na composição dos itens que integram esse produto: Serviços executados na obra, que necessitam de insumos para se efetivarem; Insumos propriamente ditos - materiais utilizados na execução dos serviços -; e Mão de Obra - operários utilizados na obra para execução dos serviços, seja na área administrativa ou na área de produção da obra. Não foi inserida no presente estudo a mensuração da água incorporada nos Equipamentos utilizados no processo de construção civil, em virtude de a maioria ser de uso de longo prazo e para várias obras e, ainda, por serem de baixa representatividade econômica na Curva ABC de Insumos (1,55% da Curva).

O trabalho utilizou recursos de modelo de dados em um banco relacional, interagindo na plataforma móvel da Apple iOS, coletando inicialmente as informações sobre o uso/consumo direto e indireto da água nos hábitos dos operários, dentro e fora da obra, no período de segunda a sexta feira, durante todo o tempo de execução da obra – no caso do estudo 36 meses. Esses dados de Mão de Obra foram obtidos, via iPad, com aplicação de um questionário semiestruturado em 52 questões, na linguagem de programação *Filemaker* desenvolvida ao longo de 12 versões, a fim de aprimorar os resultados pretendidos e, conseqüentemente, diminuir os vieses de estimativa e subjetividade.

Além do recurso do Banco de Dados para consecução dos dados de entrada da Mão de Obra - via iPad - foram utilizadas planilhas eletrônicas Excel, da *Microsoft Office Professional Plus 2013 Windows*, para controles e cálculos das PHs obtidas junto aos fornecedores de Insumos, bem como para o rateio destes insumos na composição e mensuração dos Serviços executados. Desta forma, todos os dados de entrada foram ora mapeados no iPad (para a Mão de Obra empregada), ora no Excel (para os Materiais utilizados e Serviços executados).

A pesquisa foi delineada em sete etapas, dentro dos quatro objetivos propostos, sendo que algumas etapas ocorreram concomitantemente entre si:

- Primeira etapa: identificação dos indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados na construção civil - dentro da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do produto - para fins de verificação da existência ou não da PH em algum desses indicadores, bem como da relação desses com a água. Esta etapa foi vinculada ao primeiro objetivo de avaliar, em estudos anteriores, os indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil;
- Segunda etapa: mapeamento dos processos e fases relevantes para mensuração da PH, identificando como o produto é gerado no sistema de produção (árvore do produto) e limitando essas fases interligadas ao processo da esquematização do sistema de produção, especificando-as no tempo e no espaço, ou seja,

rastreando a origem do fornecimento dos insumos pelos fabricantes localizados no Brasil – limitação de espaço da pesquisa. Esta etapa fundamentada no segundo objetivo, ao submeter as evidências utilizadas nos modelos nacionais e internacionais, mas foi desenvolvida como fase preliminar dos terceiro e quarto objetivos da pesquisa;

- Terceira etapa: levantamento da Curva ABC de Insumos utilizada na obra para identificação e divisão dos itens em Mão de Obra, Materiais, Serviços e Equipamentos, classificando-os em fabricação própria e/ou de terceiros, em ordem decrescente de peso econômico (% de relevância financeira). Após esta divisão, foram identificados na categoria Insumos, através da caracterização de cada item, os itens que poderiam ter componente hídrico (água) no seu processo de fabricação ou produção e que, posteriormente, seriam objeto de consulta da PH juntos aos seus respectivos fornecedores e fabricantes – PH indireta dos insumos – através de ‘carta padrão’. Esta carta enviada por e-mail e/ou fax aos fornecedores e/ou fabricantes e respondida pelos mesmos ratificando ou retificando a suposição da existência de componente hídrico no insumo fornecido. Esta etapa está intrinsecamente inserida nas fases preliminares para alcançar o quarto objetivo, de desenvolver uma metodologia de cálculo para mensuração da PH;
- Quarta etapa: aplicação do questionário semiestruturado contendo 52 questões, juntamente com os operários e pessoal da administração da obra, a fim de obter com os mesmos seus hábitos de consumo da água dentro e fora da obra (PH direta e indireta da mão de obra). Tais hábitos foram mapeados pela arguição *in loco* com uma amostra representativa de 90 trabalhadores da população média de 111 trabalhadores, sendo observado que o máximo de trabalhadores existente no período de pico da obra foram 193 operários. Esta etapa relaciona-se ao terceiro e quarto objetivos da pesquisa, com maior ênfase no terceiro objetivo pela elaboração de um banco de dados na plataforma móvel da *Apple* iOS, para mensuração da PH da Mão de Obra;
- Quinta etapa: verificação na Curva ABC de Serviços dos mesmos procedimentos realizados na Curva ABC de Insumos no que tange à identificação da PH nos Serviços, acrescentando nesta etapa o rateio dos insumos por tipo de serviço que utilizam o mesmo insumo, bem como a composição do componente hídrico

através do fator A/C (fator Água/Cimento) para cada tipo de serviço executado, que utiliza água em sua execução. Esta etapa relaciona-se com o quarto objetivo;

- Sexta etapa: cálculo da PH da Mão de Obra, dos Materiais e dos Serviços que compõem a execução da obra imobiliária, com utilização de água, seja direta ou indiretamente. As quinta e sexta etapas relacionam-se com o quarto objetivo, o de desenvolver uma metodologia de cálculo para mensuração da PH na atividade de construção civil imobiliária; e
- Sétima etapa: diagnóstico dos resultados obtidos por componente hídrico e por unidade produzida, envolvendo o detalhamento de Mão de Obra, Materiais e Serviços. Esta etapa está relacionada ao quarto objetivo, de diagnosticar os impactos do uso/consumo da 'água azul' na atividade de construção civil imobiliária.

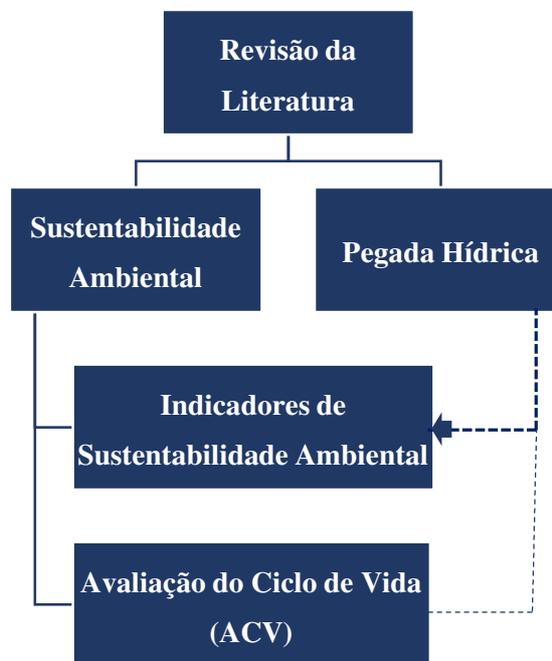
Buscou-se evidenciar o máximo de detalhes dos itens abordados (mão de obra, materiais e serviços) nos questionários aplicados e dados obtidos junto aos fornecedores e empresa estudada, independentemente da relevância econômica dos itens nas Curvas ABC de Insumos e de Serviços, e procurando a eficiência do maior enquadramento de itens sujeitos ao uso de água, em seus processos de produção/fabricação/prestação de serviços.

A avaliação da PH proposta na pesquisa é destinada a mensurar o volume de água/unidade construída, em determinado empreendimento imobiliário, bem como mensurar o volume de água de cada insumo, serviço e mão de obra separadamente, a fim de servir de parâmetro para uso em obras que executem processos semelhantes. A escala temporal é um empreendimento imobiliário residencial em Fortaleza/CE, no bairro Dionísio Torres, no período de construção do mesmo (36 meses).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura está organizada em três bases teóricas: Sustentabilidade Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos Produtos e Pegada Hídrica (PH), sendo que dentro da Sustentabilidade Ambiental é abordada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e os Indicadores de Sustentabilidade Ambiental utilizados na construção civil e na Pegada Hídrica a proposta de mensurá-la como um Indicador de Sustentabilidade Ambiental, que no seu escopo completo configura a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do Produto na fase de inventário Ambiental (Figura 1).

Figura 1 - Diagrama de revisão da literatura



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Dentro da vertente de Sustentabilidade Ambiental, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e os Indicadores de Sustentabilidade Ambiental se inter-relacionam uma vez que avaliar a sustentabilidade ambiental das empresas em seus processos e produtos – objetivo da ACV – pressupõe considerar os aspectos ambientais, sociais e econômicos – objetivo dos Indicadores de Sustentabilidade Ambiental. Nesse contexto, a Pegada Hídrica entra como uma medida de apropriação da água pelo homem, apontando sua aplicabilidade como um Indicador de Sustentabilidade (relação direta) pela avaliação de seu impacto ambiental volumétrico, em função do consumo e da poluição da água (relação indireta) e isto representa o elemento-chave

da ACV. As pegadas hídricas (azul, verde e cinza) de um produto podem ser utilizadas como indicadores nas ACVs.

Além disso, como a Pegada Hídrica (PH) se coaduna, em outra vertente literária, como uma proposta inovadora de avaliação volumétrica do consumo da água na atividade de construção civil, uma vez que é utilizada como Indicador de Sustentabilidade Ambiental em outros segmentos de negócios.

2.1 Sustentabilidade ambiental

A preocupação com a sustentabilidade das ações humanas em relação ao meio ambiente, no meio empresarial, tem sido comum pela pressão que as empresas vêm sofrendo para melhorar suas operações de forma a minimizar o impacto ambiental negativo, ou mesmo de realizar ações com impactos positivos dessas operações.

Dentro desse contexto, o setor de construção civil – consumidor de recursos naturais (matéria prima) em abundância – interfere diretamente no ambiente quando se analisa o aspecto da sustentabilidade ambiental por um processo construtivo, visando normalmente ações de redução na geração de resíduos e de reaproveitamento de materiais. Para analisar minuciosamente este assunto alguns conceitos e modelos de sustentabilidade ambiental foram abordados na seção 2.1.1.

2.1.1 *Conceitos e modelos*

Os recursos naturais, considerados outrora em grande abundância, evidenciam sinais de escassez à sociedade em decorrência de seu uso inadequado e da busca por alcançar resultados tempestivos. Este cenário de crescimento econômico e social está diretamente relacionado à manutenção do desenvolvimento ambiental, fundamentando a sustentabilidade ambiental.

No final da década de 1960, a visão ambiental passou a ser uma preocupação global sobre o uso saudável e sustentável do planeta, se manifestando em 1972 pela convocação da ONU à Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo (Suécia). Esta contribuiu com 19 princípios, representando um Manifesto Ambiental a fim de guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano.

Outro marco na busca pelo desenvolvimento sustentável foi dado em 1983 pela médica Gro Harlem Brundtland (então Primeira Ministra da Noruega) a partir de sua

presidência na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Porém, referido marco passou a fazer parte da comunidade científica somente em 1987 com a publicação do Relatório de *Brundtland* (denominado ‘Nosso Futuro Comum’), trazendo o conceito de desenvolvimento sustentável.

O Relatório de *Brundtland* definiu o conceito de desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (ONU, 1991), trazendo a ideia de continuidade, duração e conservação. O conceito de desenvolvimento sustentável neste relatório fora definido como o atendimento às necessidades exigidas pelas gerações presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades. Este conceito tem sido frequentemente utilizado na literatura (DELAI; TAKAHASHI, 2008; ARAS; CROWTHER, 2009; STRIEDER; DELUQUE; SCADECK, 2012).

Passados 20 anos, o desenvolvimento sustentável era pauta principal da política ambiental e neste contexto foi realizado em 1992, na cidade do Rio de Janeiro-Brasil, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92), na qual a Cúpula da Terra adotou a Agenda 21 – diagrama para proteção do planeta e seu desenvolvimento sustentável, incluindo as questões de pobreza e dívida externa de países em desenvolvimento. A Agenda 21 espelhou o consenso global e a disposição política que tinham como principal objetivo o desenvolvimento e o compromisso ambiental.

Diversas encontros ocorreram entre 1992 e 2011 a fim de tratar da implementação do desenvolvimento sustentável em todos os Estados participantes, até que em 2012 a comunidade internacional realizou a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD, conhecida como Rio+20), realizada na cidade do Rio de Janeiro/Brasil, buscando assegurar um comprometimento político renovado para o desenvolvimento sustentável, avaliando o progresso feito até o momento e as lacunas que ainda existiam na implementação dos resultados dos principais encontros sobre desenvolvimento sustentável, além de abordar os novos desafios emergentes.

Outros conceitos, definidos a partir das perspectivas humanista e da resiliência ambiental, foram, respectivamente, formulados por Rattner (1999) ao expor a ideia de que “sustentabilidade é o princípio estruturador de um processo de desenvolvimento centrado nas pessoas e que poderia se tornar o fator mobilizador e motivador nos esforços da sociedade” e Mikhailova (2004) ao relatar que a sustentabilidade engloba a melhoria de qualidade de vida de todos os habitantes e diferencia o fator que limita o desenvolvimento e afeta as gerações futuras, avaliando o uso dos recursos naturais e da capacidade da terra.

Bellen (2005) retrata a ideia de que para se formular um conceito sobre sustentabilidade é necessário o estabelecimento de indicadores, devendo considerar alguns aspectos importantes, dentre eles as dimensões da sustentabilidade, o campo de aplicação da ferramenta, as ferramentas de avaliação, a relação entre os diferentes atores sociais e as características elementares em um sistema como um todo. Esses elementos representam os graus de transparência e de complexidade do sistema.

2.1.2 Indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil

Os indicadores de sustentabilidade ambiental são ferramentas utilizadas para avaliar o desenvolvimento sustentável dentro das dimensões econômica, social e ambiental. A dimensão econômica visa a integração dos países que promovem atividades econômicas para que estabeleçam modos de produção que perpetuem os recursos utilizados durante esse processo e que nenhuma nação fique excluída; a dimensão social assegura a cada cidadão os direitos básicos fundamentais de sobrevivência e de cidadania, como emprego, água, alimento, energia, saúde, segurança, educação e outros; e, por último, a dimensão ambiental assegura os recursos para as gerações futuras, desde que o homem consiga desenvolver alternativas de perpetuação econômica viável com a proposta de desenvolvimento ambiental sustentável.

O aprofundamento do estudo da sustentabilidade ambiental requer conhecimento sobre a mensuração da mesma, utilizando indicadores para a efetivação desse processo. De acordo com Martins e Cândido (2012), a mensuração é importante para que seja conhecido o nível de sustentabilidade, atendendo a premissa de que há um sistema integrado dos seres que habitam o ambiente.

Os indicadores de sustentabilidade, então, representam uma forma de se chegar à mensuração da continuidade ecossistêmica. Para Mikhailova (2004), a necessidade de mensuração é devido à falta de análise quantitativa e a escassez de informações estatísticas ambientais, enfatizando a necessidade de colocar os indicadores ambientais como ferramenta essencial de mensuração para alerta aos problemas existentes.

Para Carvalho e Barcellos (2009), os Princípios de Bellagio são referência de indicadores quanto à mensuração sustentável, pois evidenciam regras criadas por especialistas para a elaboração de indicadores ambientais. Desta forma, os indicadores necessitam de pressupostos, como normas, para sua sustentabilidade, caráter holístico, utilização de elementos que avaliam o andamento da sustentabilidade, a estrutura adequada, a transparência, os métodos avaliativos, a participação generalizada, a praticidade e a capacidade institucional. Esses, ainda,

apontam que os índices devem ser utilizados para análises iniciais e priorizam os três maiores índices de sustentabilidade: a Pegada Ecológica (PE) – *Ecological Footprint* -, o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) – *Environmental Sustainability Index* - e o Índice de Progresso Genuíno (IPG).

A Pegada Ecológica (PE), fundamentada por Wackernagel e Rees (1996), objetiva definir a área física necessária para manter determinada população ou sistema econômico de forma indefinida. No entanto, essa delimitação territorial precisa fornecer energia e recursos naturais, bem como absorver os descartes do sistema. Ela calcula o consumo de determinada população em determinado território e o quantifica na unidade de medida de terra bioprodutiva, posteriormente compara o resultado obtido com o total de terras bioprodutivas dessa determinada região, ou seja, “é a área de ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma determinada população ou sistema” (BELLEN, 2005).

O ISA, para Veiga (2009), possui cinco enfoques: sistemas ambientais, estresses, vulnerabilidade humana, capacidade institucional e social e responsabilidade global. A primeira vertente aborda sobre o ar, a água, o solo e os ecossistemas. É considerado como estresse algum exemplo de poluição ou exaustão de um recurso natural. A vulnerabilidade humana refere-se à nutrição e as doenças relacionadas ao ambiente. A capacidade sócio institucional de lidar com problemas e dilemas ambientais está atrelada ao quarto enfoque. E por fim, encontram-se os esforços internacionais para a amenização dos problemas ambientais no que tange à responsabilidade global.

O IPG é um aprimoramento do Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável, confrontando o Produto Interno Bruto (PIB), dado que não considera esse índice como indicador de progresso e desenvolvimento econômico. Para Carvalho e Barcellos (2009) o Índice de Progresso Genuíno pode ser considerado como o ‘PIB Verde’, pois este se utiliza da quantificação do consumo das famílias, que é utilizado pelo PIB, mas que depois de ajustado transforma-se no IPG. Um dos ajustes seria medir o bem estar dos indivíduos.

Segundo Turner e Pearce (1992, *apud* SOUZA FILHO, 2006), a sustentabilidade é classificada em ‘fraca e forte’, partindo do conceito de estoque de capital pelo homem (Em), de estoque do conhecimento e habilidades sociais humanos (Eh) e de estoque de recursos naturais (En). Ao inserir dentro dessa classificação (fraca e forte) os conceitos de estoques (Em, Eh e En) a sustentabilidade ‘fraca’ é aquela que procura conservar a soma dos três estoques, permitindo o fluxo de um para outro (por exemplo: de En para Em), enquanto que a sustentabilidade ‘forte’ identifica um patamar mínimo aceitável para os estoques naturais (En) em virtude de incertezas dos processos, de irreversibilidade, de necessidade de suporte à vida e

de aversão aos riscos sociais humano onde, sob o ponto de vista de avaliação custo/benefício, o En torna-se uma restrição e não uma variável de decisão como é no caso da sustentabilidade ‘fraca’.

Da análise realizada em estudos sobre sustentabilidade na construção civil, no período de 1994 a 2013 – com maior concentração de publicação no ano de 2010 -, foram mapeados 12 artigos nas dimensões econômica, social, ambiental, ecológica, cultural, legal, natural e de processos (Tabela 7).

Tabela 7 - Estudos sobre indicadores de sustentabilidade na construção civil

Seq	Ano de Publicação	Autor	Artigo
1	2001	Sjöström, C.	Abordagens para a sustentabilidade na construção civil
2	2002	Kua, H. W., Lee, S.E.	Demonstração de construção inteligente: metodologia de sustentabilidade proposta para um ambiente construído
3	2003	Adetunji, I., Price, A., Fleming, P., Kemp, P.	Sustentabilidade do Reino Unido da indústria da construção: uma revisão
4	2003	Griffiths, P.I.J., Smith, R.A., Kersey, J.	Análise do fluxo dos recursos: mensuração da sustentabilidade na construção civil
5	2005	Vijayan, A., Kumar, A.	Uma revisão de ferramentas para avaliar a sustentabilidade na construção civil
6	2007	Ugwu, O.O., Haupt, T.C.	Indicadores de desempenho e métodos de avaliação para a sustentabilidade da infraestrutura: perspectiva da indústria de construção Sul Africana
7	2010	Fernández-Sanchez, G., Rosríguez- López, F.	Metodologia para identificar indicadores de sustentabilidade do projeto de gestão na construção civil: aplicação dos projetos de infraestrutura na Espanha
8	2010	Habert, G. Castillo, E., Morel, J.C.	Indicadores de sustentabilidade de recursos e energia na construção civil
9	2010	Presley, A., Meade, L.	Marcos de referência para a sustentabilidade: uma aplicação à indústria de construção sustentável
10	2010	Alwaer, H., Clements-Croome, D.J.	Principais indicadores de desempenho e definição de prioridades na utilização da abordagem multi-atributo para avaliar edifícios inteligentes sustentáveis
11	2011	Kajikawa, Y., Inoue, T., Goh, T.N.	Análise da construção de quadros de avaliação ambiental e suas implicações para os indicadores de sustentabilidade
12	2012	Berardi, H.	Avaliação da sustentabilidade no setor da construção: avaliação de sistemas e construções

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Sjöström (2001) documenta os processos que levaram à construção da Agenda 21 voltados para o setor da construção civil, evidenciando que a construção sustentável é um dos caminhos para a indústria da construção civil alcançar o desenvolvimento sustentável, a partir das dimensões, ambiental, socioeconômica e cultural. O autor analisou, nestas dimensões, indicadores de energia, materiais e água utilizando diversas métricas, sendo as da água: desenvolvimento de dispositivos de poupança de água; estratégias e sistemas de captação de água de chuva, tendo em vista da escassez de água doce; desenvolvimento de técnicas de

remodelação dos sistemas de distribuição de água; e desenvolvimento de sistemas para controlar a taxa de chumbo da água em edifícios.

Kua e Lee (2002) relacionaram projetos de construção inteligente e demonstrações com a sustentabilidade total no ambiente construído, defendendo que os indicadores devem ser utilizados nas dimensões econômica, sociocultural e ecológica, porém tal pesquisa foi puramente qualitativa e sem menção de qualquer indicador de sustentabilidade, evidenciando que construções inteligentes envolvem multidisciplinaridade de profissões – engenheiros, arquitetos, desenvolvedores, fornecedores, governos e outros.

Adetunji et al. (2003) revisaram a literatura sobre sustentabilidade, no Reino Unido, a fim de testar cinco hipóteses, aplicando um questionário com três gerentes de construtoras que seguem a linha sustentável e com um acadêmico sênior que conhece o assunto. As cinco hipóteses testadas foram: i) há uma compreensão geral do conceito de sustentabilidade na indústria de construção; ii) as questões de sustentabilidade por meio de partes interessadas, governo, clientes, levam a sustentabilidade empresarial a ter certos resultados econômicos; iii) os aspectos ambientais da sustentabilidade estão avançados, enquanto o social e o econômico estão letárgicos; e iv) o nível de resposta estratégica para a sustentabilidade é proporcional ao nível de volume de negócios. Essas hipóteses foram testadas 26 empresas, distribuídas em três categorias (A, B e C) de acordo com o volume de faturamento, sendo a categoria ‘A’ acima de £500 milhões; a categoria ‘B’ entre £100 e £500 milhões; e a categoria ‘C’ abaixo de £100 milhões.

As hipóteses testadas no trabalho nas dimensões econômica, social e ambiental, por Adetunji et al. (2003), confirmaram resultados apresentados em pesquisas anteriores. Uma delas evidenciou que a indústria em geral (média das três categorias) atende ao conceito de construção sustentável em 92% dos casos, verificando que o Governo é o principal responsável pelos gastos com construção e, ao mesmo tempo, o principal motor para a sustentabilidade. Por isso, o estudo mostra as questões de sustentabilidade (por meio de partes interessadas, tais como clientes, governos e outros) levam às ações de sustentabilidade corporativa, em termos econômicos.

Outra hipótese testada e confirmada mostrou que as práticas de gestão ambiental estão bem estabelecidas em relação às práticas de gestão social e econômica, porém estas últimas em menor intensidade que a primeira (ambiental). As razões para isso podem estar associadas com a longa história de sistemas de gestão ambiental, tais como ISO 14001 e Ecogestão e Auditoria (EMAS - *Eco Management and Audit Scheme*) na indústria da construção, dentre outros.

A maioria absoluta dos entrevistados apoiam a visão de que a estratégia de sustentabilidade e comunicação eficaz com as partes interessadas podem melhorar a reputação e a competitividade, no entanto, foram observadas diferenças entre os três grupos em termos de nível de resposta à construção sustentável, primeiramente com as empresas da categoria 'A', posteriormente as das categorias 'B' e 'C'. O estudo revelou, ainda, que o nível de resposta estratégica para a sustentabilidade é proporcional ao nível do volume de negócios (faturamento) e as indústrias de construção maiores (categorias 'A' e 'B') reconhecem os benefícios potenciais de sustentabilidade, sendo portanto mais proativas do que as empresas da categoria 'C'. Os resultados globais mostraram tendências positivas na busca da indústria para abraçar o conceito de construção sustentável.

Griffiths, Smith e Kersey (2003) utilizaram um recurso denominado 'Análise do Fluxo dos Recursos' (RFA - *Resource Flow Analysis*) para identificar e quantificar a movimentação dos recursos de construção civil desde a extração até o descarte nos quais se associam os impactos ambientais. Para tanto, identificou os recursos naturais utilizados e os resíduos e emissões produzidas pela indústria da construção foram materiais e produtos de construção; materiais secundários, reciclados e recuperados usados diretamente na construção e em produtos da construção; energia usada diretamente; e os resíduos e emissões geradas diretamente, mas não identificou os recursos hídricos utilizados.

Vijayan e Kumar (2005) utilizaram o modelo de Liderança em Energia e Projeto Ambiental (LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*). O LEED é uma norma de consenso voluntário desenvolvido pelo Conselho de Construção Verde dos EUA (USGBC - *Green Building Council of U.S.*) para a construção de edifícios sustentáveis, que têm bom desempenho nas áreas de desenvolvimento local sustentável, de economia de água, de eficiência energética, de seleção de materiais e de qualidade ambiental interna.

Dentro da lista dos indicadores de sustentabilidade demonstrada por Vijayan e Kumar (2005), somente, três se aplicam à eficiência dos recursos hídricos (economia de água): paisagismo (jardinagem), com aproveitamento de água não potável; inovação e tecnologia de águas residuais; e redução do uso da água. O modelo de projeto baseado na norma LEED é uma ferramenta composta por 69 itens, a fim de certificar as construtoras dentro de uma das quatro classificações: certificado básico, prata, ouro e platina. A pontuação mínima exigida é de 26 pontos e a máxima de 69 pontos dando às construtoras uma certificação para que as mesmas desenvolvam edifícios sustentáveis ou construções verdes.

Ugwu e Haupt (2007), apoiaram-se em estudos anteriores, para desenvolver uma metodologia estruturada, a fim de avaliar a sustentabilidade em projetos de infraestrutura na

África do Sul. O trabalho utilizou a técnica de decisão multicritério (MCDA - *Multi-criteria Decision Analysis*), pelo modelo de utilidade aditiva (AHP - *Analytical Hierarchical Process*), aplicando um questionário dividido em duas partes, sendo a primeira parte com dados demográficos e a segunda parte focou na obtenção de ideias sobre a adequação de vários indicadores, totalizando 61 indicadores. A aplicação do modelo proposto e da metodologia utilizada para automação dos processos demonstrou a importância dos mesmos para a avaliação da sustentabilidade integrada nos projetos de infraestrutura e construção dos países em desenvolvimento, como a África do Sul.

Fernández-Sanchez e Rodríguez-López (2010) relacionaram os fatores com influência sobre determinado projeto de construção e os diversos atores envolvidos, bem como o alto volume de indicadores de sustentabilidade. Tal volume mostrou ser inviável a utilização de todos, pelo custo e tempo que poderiam aumentar na execução do projeto e na diminuição da qualidade do mesmo. Desta forma, defenderam a necessidade de classificar e priorizar as oportunidades, antes da execução do projeto sustentável, estabelecendo um método para identificar e selecionar um conjunto de indicadores, que inclui o máximo de participantes envolvidos no ciclo de vida de um projeto, equilibrando os intervenientes. Foram trabalhadas as três dimensões - econômica, social e ambiental -, sendo a dimensão ambiental aplicada aos recursos hídricos, apontando os seguintes indicadores: poupança de água, consumo de água, proteção dos recursos hídricos e controle e monitoramento do consumo de água. Estes indicadores foram relacionados dentro de uma estrutura de classificação sustentável envolvendo outros indicadores, não somente ambientais, como econômicos e sociais.

Habert, Castillo e Morel (2010) desenvolveram um estudo, dentro da importância da utilização de indicadores ambientais, o qual aborda a utilização de indicadores para diagnosticar o nível de extração de recursos abióticos, como cascalho e areia dentro do perímetro das construções realizadas. Dessa forma, alguns métodos que medem os níveis de conservação dos recursos abióticos são relatados, porém essas metodologias consideram cascalho e areia como recursos infinitos, o que é contestado pelos autores quando a análise é feita em áreas limítrofes. Logo, a metodologia do trabalho gira em torno do método de Avaliação de Fluxo de Materiais (MFA - *Assessment of Material Flow*) para avaliar o estoque de recursos de determinado território, ou seja, análise em nível local. O MFA leva em conta o desenvolvimento de dois parâmetros com o passar do tempo: I (*Importation*) - que é a Importação e o DMC (*Domestic Material Consumption*) - que é o Consumo Interno dos Materiais da área em estudo, por conseguinte à medida que a relação I/DMC é conhecida, será notado o tempo de exaustão dos recursos. Os métodos utilizados demonstraram a dependência

de fontes que possuam alta potência de energia, mas que advém de recursos não renováveis e com alto poder poluidor, desta forma não houve qualquer abordagem do recurso ambiental 'água'.

Presley e Meade (2010) abordaram, no âmbito gerencial, o aspecto sustentável dos empreendimentos. Os autores enfatizam o uso de metodologias que avaliam e ajudam no desempenho dessas empresas, apresentando medições de desempenho e de *benchmarking*. Assim, a ênfase que as entidades de construção vêm buscando para medir o desempenho e a gestão (EPMM - *EverSystems Project Management Methodology*) de suas atividades é ressaltada por esses pesquisadores com o intuito de demonstrar que os indicadores devem conter não só medidas financeiras, mas abordar outras dimensões da sustentabilidade. O EPMM avalia a empresa em duas partes: a primeira situando-a no mercado de empresas que possuem perfis semelhantes, para que trace objetivos; e a segunda implementada quando as estratégias de melhoria já estão em andamento, pois haverá uma espécie de auditoria para avaliar se os benchmarkings determinados existem ou foram alcançados.

A criação de uma matriz de indicadores de sustentabilidade, proposta por Presley e Meade (2010), nas dimensões econômica, ambiental e social, evidencia 15 indicadores versus cinco estratégias, sendo elas: manter bom desempenho financeiro, expandir mercados, focar na construção sustentável, manter o prestígio e manter relacionamentos de longo prazo. Na dimensão ambiental, por exemplo para o indicador 'eficiência da água', quanto maior o resultado (peso da estratégia x o peso do indicador), melhor.

Alwaer e Clements-Croome (2010) identificaram os principais indicadores de desempenho e definiram prioridades ao utilizar a abordagem multicritério para avaliar edifícios inteligentes sustentáveis, nas dimensões econômica, tecnológica, ambiental e social. Com base na contribuição teórica de 20 especialistas em 'construção sustentável inteligente' os autores utilizaram, além da Ferramenta de Ambiente Construído Sustentável (SUBETool – *Sustainable Built Environment Tool*) por processo analítico hierárquico, a comparação entre a tomada de decisão multicritério com os métodos de avaliação de sustentabilidade (BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* e DQI – *Design Quality Indicator*) em 16 categorias, porém tudo aplicado à eficiência de energia, sem focar qualquer aspecto ao recurso ambiental 'água'.

Kajikawa, Inoue e Goh (2011) discutiram os benefícios, as limitações e os desafios de quatro programas de indicadores de sustentabilidade avaliando-os nas seguintes características: instituição que o desenvolveu, ano em que foi criado, país, classificação da pontuação, quantidade e tipo de dimensões. Dos quatro programas avaliados - BREEAM

(*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), GBTool (*Green Building Tool*) e CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) – somente o BREEAM e o LEED inserem nas categorias o recurso ambiental ‘água’.

Berardi (2012) avaliou a sustentabilidade no setor de construção civil evidenciando que faz-se necessário integrar, nos sistemas, todas as dimensões (econômica, ambiental e social) com estratégias e práticas de negócios. Esta integração do ciclo de construção vai desde a extração de matérias-primas, por meio de planejamento, concepção e construção de edifícios e infraestrutura, até a desconstrução e gestão final dos resíduos resultantes. O autor observou, que o indicador ‘eficiência de água’ tem pontuação de 7,25% (5/69 pontos) dos indicadores totais no sistema LEED, apesar da sua importância para a construção sustentável, e em uma avaliação global os edifícios atingem menos de 50% da pontuação total, em média.

Nas diversas dimensões que se inserem os indicadores de sustentabilidade ambiental percebe-se que a dimensão ecológica possui vertentes de proteção dos recursos e dos ecossistemas; a dimensão econômica é composta por indicadores relativos à produtividade dos recursos no longo prazo e com o baixo custo de uso de matérias-primas; as dimensões social e cultural são compostas por grupos de proteção à saúde e ao conforto das pessoas e preservação dos valores sociais e culturais.

Todas essas dimensões - principalmente a econômica, social e ambiental – decorrem da necessidade de manter e perpetuar os recursos naturais, aferindo-os por indicadores ambientais. Dessa forma, a mensuração da sustentabilidade se faz necessária para embasar a tomada de decisão no manejo dos recursos existentes no ambiente estudado (MARTINS; CÂNDIDO, 2012). Para tanto, dentre as metodologias utilizadas no diagnóstico do nível de sustentabilidade ambiental tem-se na ACV a proposta de mensuração, de forma sistemática, do impacto na elaboração de um produto ou do uso de um material no meio ambiente, dentre outras áreas.

2.1.3 Avaliação do ciclo de vida (ACV)

A ACV (LCA - *Life Cycle Assessment*) surgiu com uma técnica ao desenvolver nas empresas as questões ambientais da cadeia produtiva, de forma sistemática, permitindo avaliar o impacto ambiental de um produto, processo ou sistema desde a extração da matéria-prima até a disposição final, ou seja, desde a extração, passando pelo processamento das matérias-primas,

pela fabricação, pelo transporte, pela distribuição; pelo uso, reemprego e manutenção; e, ainda, pela reciclagem, reutilização e disposição final.

A ISO 14040 (2006) – na legislação brasileira é a NBR ISO 14040:2009 - a partir da definição de um escopo (limites da pesquisa) realiza um inventário que inclui os recursos naturais, materiais e energéticos utilizados para, posteriormente, definir e ponderar categorias de impactos ambientais a fim de se obter o resultado da análise.

Dada sua amplitude de atuação, desde o começo até o final da cadeia produtiva, a ferramenta ACV identifica oportunidades para melhorar o desempenho ambiental, como pesquisas e desenvolvimento de instrumentos tecnológicos, informáticos e de materiais, que reduzam o impacto ambiental e otimizem a utilização energética e da matéria-prima, dentro do conceito de sustentabilidade.

De acordo com Chehebe (1997), a ACV requer toda uma análise dos produtos envolvidos no sistema, considerando todas as categorias de impactos ambientais, e pode ser utilizada para uma grande variedade de propósitos, pois se trata de um instrumento gerenciador dos aspectos ambientais de várias fases do sistema de produção.

O processo de decisão baseado em uma ACV conduz a ações mais efetivas, conseqüentemente, dão maior sustentação de longo prazo à redução dos custos econômicos e ambientais (SOARES et al., 2006).

Pires et al. (2005) complementam o alcance da ACV ao incluírem o processo de reciclagem e reuso:

“A ACV pode prover as mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, por meio de uso de processos de reciclagem e de reuso” (PIRES et al. 2005, p.9).

A Norma Brasileira Técnica ISO 14040, de 21 de maio de 2009 – versão atualizada em português da ISO 14040 (2006) - rege a ACV dos produtos, denominando-a como uma ferramenta de gerenciamento ambiental voltada para produtos, avaliando os impactos das atividades, serviços, produções e processos econômicos, no seu ciclo de vida, no âmbito ambiental. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gerenciamento ambiental que avalia aspectos ambientais e impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto, se destacando como ferramenta de gestão no processo de tomada de decisões em empresas.

Além desse conceito, Baumann e Tillman (2004) destacam que a ACV é considerada uma ferramenta de engenharia por abranger o estudo de sistemas técnicos e suas alterações potenciais.

A ACV, na construção civil, visa a redução dos impactos ambientais referentes à fase construtiva, sendo um forte consumidor de matérias-primas e grande produtor de resíduos, corroborando para aumento dos impactos negativos ao ambiente.

Nesse contexto, o setor da construção civil se destaca por ser a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. John (2005) estima que entre 20% e 50% do total de recursos naturais, consumidos pela sociedade, é destinado ao setor de construção civil e Roodman e Lenssen (1995) discorreram que 55% da quantidade de madeira extraída no mundo é consumida como material de construção. Segundo os autores, na época – uma vez que não houve atualização sobre o assunto pelos autores -, a construção civil fez uso de cerca de 40% de insumos eram recursos naturais como areia, cascalho e outros (Tabela 8).

Tabela 8 - Impactos negativos ao meio ambiente causados pela construção civil

Problema	Índice de Uso	Efeitos
Uso de matérias-primas	40% das atividades de mineração	Destruição do ambiente de mineração, geração de resíduos tóxicos, remoção de florestas, poluição do ar e água do processamento.
Uso de madeira natural	25% das reservas exploradas	Desflorestamento, perda da diversidade de fauna e flora, desertificação e comprometimento de mananciais de água.
Uso de recursos energéticos	40% do total de fontes de energia	Poluição do ar, chuva ácida, mudança de cursos de rios, lixo atômico e aumento do aquecimento global.
Uso de água	16% do total de recursos hídricos continentais	Poluição a córregos e rios, escassez de água para consumo humano.
Geração de resíduos	50% do lixo municipal	Acúmulo de resíduos com infiltrações de líquidos tóxicos e metais pesados para os lençóis freáticos.
Má qualidade do ar de espaços internos	Comprometimento da qualidade do ar interno de 30% dos novos edifícios	Aumento dos índices de doenças respiratórias e perdas de 10 bilhões de dólares em produtividade das empresas.

Fonte: Roodman e Lenssen (1995).

Segundo os autores, ao adicionar-se combustível e energia consumida na construção, as construções consomem ao menos 40% da energia mundial – o que contribui para emissões gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono da queima de combustíveis, assim como para 40% da chuva ácida causada por dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio, entre outros efeitos.

Além dessas considerações acerca dos impactos causados ao meio ambiente na construção civil, Roodman e Lenssen (1995) identificaram em diversos edifícios, no mundo, que o crescimento do consumo de água nas cidades está reduzindo a disponibilidade de lençóis freáticos; e que muitas usinas elétricas utilizam água como mecanismo de resfriamento, o que muitas vezes, drena a água até aos rios, carregando-os em poluição termal e química. Estes dois usos contribuem igualmente para aproximadamente 16,6% de retirada das águas globais.

Para Jungles (2011), desde a década de 90, os setores industriais, incluindo o da construção civil, começaram a reconhecer os impactos de suas atividades no meio ambiente e buscar soluções para a diminuição destes impactos.

De acordo com o relatório anual das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP - *United Nations Environment*, 1996), o setor da construção civil é responsável por mais de um terço do consumo anual de recursos globais - incluindo 12% de consumo total de água potável - e gera 40% dos resíduos sólidos em todo o mundo. As preocupações com relação a enorme pegada ecológica no ambiente, da atividade de construção civil, deram origem ao surgimento de edificações sustentáveis. Essas edificações são uma das alternativas viáveis para se reduzirem os impactos ambientais, por fazerem uso de estratégias ecologicamente corretas, de baixo impacto ambiental e grande contribuição à conservação de energia e de água.

2.1.3.1 Metodologias de ACV

De acordo com Barbosa Jr. et al. (2008, p. 41), a ACV é essencialmente um instrumento científico qualitativo e quantitativo, que avalia todos os estágios do ciclo de vida e tipos de impactos ambientais direcionados ao produto, objetivando:

- Levantar e interpretar os aspectos e impactos potenciais envolvidos em todo o processo;
- Aprimorar o processo produtivo e os produtos de uma empresa;
- Comparar, de forma integrada, o desempenho ambiental de seus produtos;
- Auxiliar na tomada de decisões na indústria, no governo e nas ONGs, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos;
- Fornecer informações referentes aos recursos utilizados no consumo de energia e nas emissões de poluentes; e
- Subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos, rotulagem e declarações ambientais), gerando diferenciação na competitividade dos produtos.

A ACV tenta integrar qualidade tecnológica do produto atrelada à qualidade ambiental a fim de agregar valor ao consumidor final, encorajando empresas a considerar como relevante as questões ambientais associadas à produção.

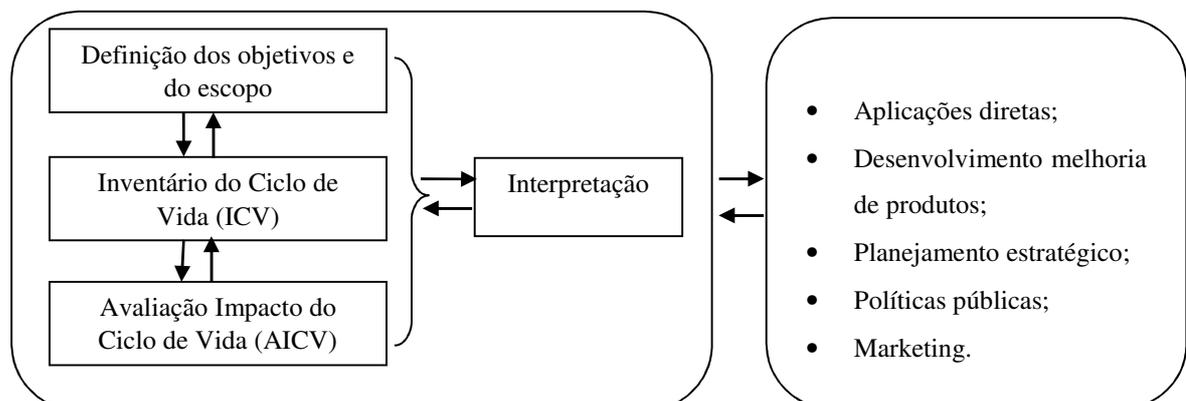
Bragança e Mateus (2012) discorrem que a metodologia da ACV é uma boa ferramenta para apoiar as qualidades ambientais de um produto em campanhas de marketing; permitindo, com o passar do tempo, serem extremamente úteis para otimizar processos industriais e de extração de matérias-primas ao produto final.

A ACV destaca-se como um meio para novas perspectivas ambientais, por fazer uso de alternativas viáveis para a redução da degradação ambiental. A primeira norma ISO 14040 (2006) tem como princípio analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado (MIYAZATO, 2009).

Este processo considera todas as interações (consumos e geração de resíduos) ocorridas desde a extração da matéria-prima até o tratamento e/ou disposição final do produto após sua utilização. Neste contexto, o processo de construção civil vai desde a extração dos recursos naturais até a produção de materiais, operação, uso, construção e demolição, caso ocorra, ou seja, engloba como um meio de controle de entradas e saídas dos materiais e dos resíduos gerados, associados com o ciclo de vida de um produto.

Bragança e Mateus (2012) citam duas regras específicas para definir a estrutura (Figura 2) e os requerimentos da ACV: as versões finais da ISO 14040, (ACV Gerenciamento Ambiental – princípios e estrutura) e ISO 14044 (ACV Gerenciamento Ambiental – requerimentos e orientações), ambas de 2006 – substitutas das quatro normas ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043 que prevaleciam anteriormente.

Figura 2 - Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida



Fonte: Bragança e Mateus (2012).

O objetivo e a definição do escopo são os primeiros passos da ACV. Os passos subsequentes da ACV devem ser consistentes com o objetivo e o escopo definidos. A norma ISO 14040 (2006) estabelece que o objetivo de qualquer estudo deve designar a aplicação pretendida sem ambiguidades, o público pretendido, e as razões para executar o estudo. O escopo define os elementos mais importantes da metodologia usada na ACV.

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) é a etapa que mais demanda da ACV, compreendendo todos os estágios que lidam com gerenciamento e recuperação de dados. As informações podem ser categorizadas em (1) dados de primeiro plano e (2) dados de fundo. Os formulários de coleta de dados para dados de primeiro plano devem ser desenhados de forma adequada para maior coleta e os dados secundários são validados e relacionados com a unidade funcional de maneira a permitir agregação dos resultados.

O propósito da Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) é a etapa que avalia o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de um sistema verificando seus impactos ambientais por metodologias disponíveis para avaliação, como o Eco-Indicator 99 e o CML 2001 - metodologia desenvolvida pelo Instituto de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, na Holanda, em forma de Banco de Dados, é a mais amplamente utilizada e muitas vezes considerada a metodologia mais completa. Ele usa principalmente dados europeus para derivar seus fatores de impacto.

Os resultados da ACV são interpretados em relação às metas definidas na fase de estudo da ACV, envolvendo revisões no escopo da ACV, assim como na natureza e qualidade das informações coletadas. O objetivo da fase de interpretação é alcançar conclusões e recomendações de acordo com a meta definida e o escopo do estudo. Resultados do ICV e da AICV são combinados e divulgados com o objetivo de fornecer uma explicação sobre o estudo (UNIÃO EUROPEIA, 2013).

2.1.3.2 ACV na Construção Civil

Segundo Silva (2003), o conceito de ACV no setor de construção civil tem sido aplicado, direta ou indiretamente, na avaliação de materiais de construção, para fins de melhorias de processo e produto ou informação a projetistas (inserção de dados ambientais sistematizados nos catálogos); na rotulagem ambiental de produtos, uma iniciativa incipiente, mas que tem recebido investimento crescente; nas ferramentas computacionais de suporte a decisão e auxílio ao projeto, especializadas no uso de ACV para medir ou comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil; nos instrumentos de

informação aos projetistas como *The Green Building Digest*, BREENVest e BRE *Environmental Profile* (UK); no *Environmental Choice* (EUA); no *Environmental Preference Method* (Holanda), no Catálogo produzido pelo Politécnico de Milano (Itália); e nos esquemas de avaliação/certificação ambiental de edifícios.

Estudos realizados em diferentes setores da construção civil demonstram uma grande variedade de aplicação da ACV em edificações, sistemas e elementos construtivos, sendo empregada para comparar diferentes alternativas de *design* de um novo empreendimento ou para avaliar a performance ambiental de um prédio já existente.

A metodologia ACV utilizada na construção civil, principalmente, em estruturas construídas, instalações compradas, instaladas, usadas, operadas, mantidas, consertadas, modernizadas e reformadas e, finalmente, desmanchadas ou reutilizadas; além disso, fatores econômicos e sociais também são considerados (BRAGANÇA; MATEUS, 2012 – Figura 3).

Segundo USGBC (2002), puderam-se integrar as técnicas de ACV e as ferramentas de suporte à decisão baseadas em ACV nos sistemas de certificação e referência de *Green Buildings*, gerando definições para materiais sustentáveis e encorajando seu uso.

Ortiz, Castells e Sonnemann (2009) verificaram marcos importantes realizados em ACV no setor da construção, no período de 2000 a 2007, e afirmaram que a aplicação da ACV é fundamental para a sustentabilidade e melhoria deste segmento buscando aumentar a produtividade e a competitividade dos mercados de construção verde. Por este motivo, o estudo identificou a ampla aceitação internacional da ACV como um meio para melhorar os processos e serviços ambientais, e também para a criação de metas a fim de evitar impactos ambientais adversos.

A ACV nas construções de engenharia civil tem sido utilizada, de acordo com Mroueh et al. (2001), para minimizar os impactos ambientais e o consumo de recursos, bem como para aplicação de estratégias de reciclagem e reutilização de materiais de construção.

No segmento de construção civil a ACV considera o recurso ambiental ‘água’ sob dois pontos de vista: o uso racional da água em edifícios já construídos (KALBUSCH, 2011) e a comparação entre o consumo de água nas etapas de construção, operação e manutenção de edificações (CRAWFORD, 2011).

Gao et al. (2011) realizaram um estudo para otimizar a utilização dos recursos hídricos, tanto em quantidade quanto em qualidade, em uma indústria de produção de ferro, por meio da integração de todos os processos que utilizam água no sistema de produção e aplicaram a análise do fluxo de substâncias para construir um modelo de otimização e um sistema com índice de avaliação para a rede de uso de água. Ao final do processo de otimização houve

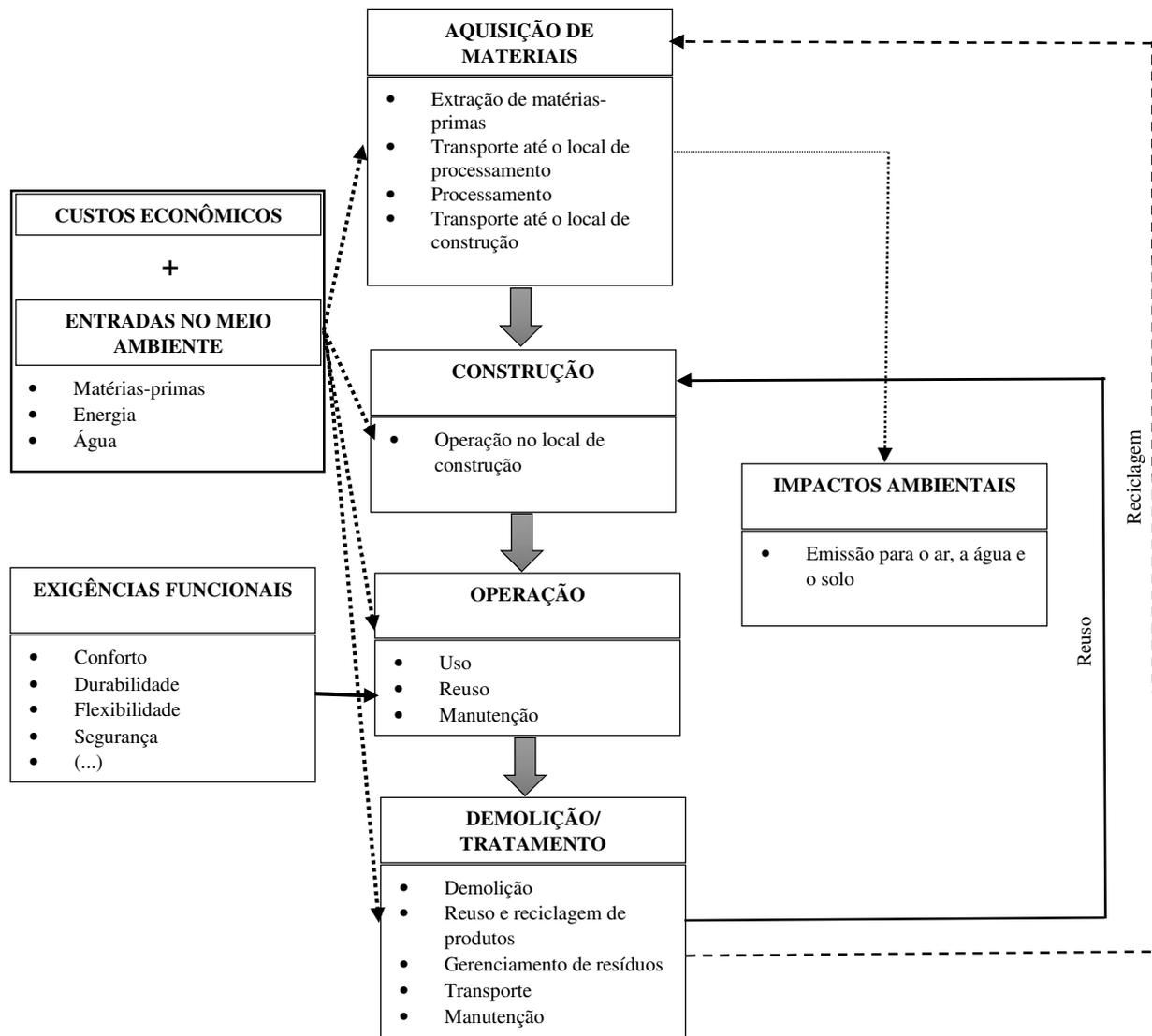
decréscimo do consumo de água doce em 11,1% e um decréscimo no descarte de águas residuais 5,46%. Tal estudo é relevante, pois o ferro é um dos principais insumos na construção civil, devendo sua extração e seu processamento serem realizados de maneira a consumir menor quantidade de recursos naturais.

A preocupação com o consumo de água surge na construção civil, na fase da aquisição dos materiais que serão utilizados, pois estes apresentam um fator de consumo de água ao serem extraídos do ambiente e processados, para então serem destinados ao canteiro de obras e participarem do processo construtivo. Entre esses materiais pode-se citar o aço, cuja matéria prima (ferro) é extraída de minérios e então processada para se fabricar a liga ferro-carbono, que é denominada aço. Outro exemplo é o cimento, que serve de insumo para a fabricação do concreto.

Brasil (2009) evidencia, na fase de construção, os processos que mais demandam água e sua direta relação com a fabricação do concreto, da argamassa e do gesso, materiais essenciais, respectivamente, para a sustentação estrutural e para revestimentos. O autor menciona, ainda, que o consumo de água por tonelada de cimento chega a 3.500 l, representando 20% do volume do concreto.

Na fase de operação, muitos trabalhos versam sobre a economia de água obtida após a manutenção de ligações entre tubulações obsoletas e substituição de torneiras e chuveiros por versões mais econômicas (ARPKE; HUTZLER, 2005).

Figura 3 - Fases do ciclo de vida de um edifício associadas às exigências econômicas, ambientais e funcionais



Fonte: Bragança e Mateus (2012, p.11)

Segundo Kotaji, Schuurmans e Edwards (2003) a ACV na construção civil, geralmente, envolve os seguintes objetivos:

1. O ciclo de vida do edifício, dependendo do contexto, pode incluir como o edifício será construído, operado, mantido e demolido, e ainda o que acontecerá com os resíduos após a demolição. Estes são processos que contribuem para a performance do ciclo de vida de uma construção, mas que não necessariamente serão inclusos em todos os tipos de estudo;
2. A construção é decomposta em materiais de construção e elementos construtivos, onde é irrelevante a forma como esses diferentes materiais ou

elementos construtivos são definidos, importando na verdade a descrição plena da construção pela adição destes diferentes elementos;

3. Para cada material e método construtivos é realizada uma ACV em seu processo produtivo (expressão denominada ‘do berço ao túmulo’). A análise pode incluir também os processos de transporte até o canteiro de obras, o processo construtivo, o uso, os processos de manutenção, os processos de destruição e os processos de tratamento de resíduos para cada um dos materiais definido no modelo. Neste caso, a análise seria do ‘berço ao túmulo’ realizada de maneira consistente com os objetivos e o escopo do estudo; e
4. Adicionar os resultados da ACV realizada para cada material e para cada solução construtiva, de modo a obter resultados da ACV para a construção civil.

Apesar de ser considerado o melhor método para avaliar os impactos ambientais causados por materiais, produtos e elementos construtivos, as ferramentas de ACV raramente são utilizadas nos projetos de edifícios e nem tão pouco na maior parte das avaliações dos sistemas de sustentabilidade de edifícios. As duas maiores razões para tal são a imensa variedade e quantidade de materiais e processos utilizados no ciclo de vida de edifícios e pela complexidade das fases da ACV (BRAGANÇA; MATEUS, 2008).

A ACV pode ser utilizada para vários propósitos, trazendo propostas de sistemas alternativos, validação e comercialização de reivindicações verdes, estabelecendo pegadas ambientais e identificação de oportunidades de melhoria no ciclo de vida dos produtos. No entanto, as aplicações mais fortes são aquelas centradas na criação de políticas ambientais, que forneçam estratégias globais e cientificamente defensáveis para reduzir o impacto ambiental.

Dentro desse contexto, a ACV permite no complexo ramo da construção civil ser uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, onde a água é utilizada de acordo com Chehebe (1997, p. 9) “seja que material seja feito, madeira, vidro, plástico, metal ou qualquer elemento, provoca impacto ao meio ambiente, seja em função do seu processo produtivo, das matérias-primas que consome ou devido ao seu uso ou disposição final”. Desta forma, o presente estudo busca implementação de medidas que utilizem a água como bem econômico e quantificável a fim de que a ferramenta da ACV avalie o impacto ambiental dos produtos interligando o processo de mensuração da pegada hídrica utilizada na construção civil.

Apesar de tamanho esforço e interesse dos pesquisadores da ACV neste link (ACV vs. PH), como o uso da água doce não recebia a devida atenção nos estudos da ACV, segundo Koehler (2008) e Milà i Canalis et al. (2009), há dois problemas específicos que precisam ser vencidos para facilitar essa interação: 1) os recursos de água doce no mundo são limitados, portanto, medir a apropriação da água doce observando o consumo e a poluição da água em termos de volumes deveria ser um elemento-chave para os estudos de ACV, e 2) é possível observar os impactos ambientais locais relacionados à apropriação da água doce, para tanto o cálculo da PH e a avaliação de sustentabilidade podem ser úteis para os estudos de ACV.

Diante desses argumentos, pode-se afirmar que o cálculo da pegada hídrica de um produto contribui para o inventário do ciclo de vida do produto e que a avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica contribui para a avaliação de impacto do ciclo de vida.

2.2 Pegada hídrica

Da necessidade de qualificar e quantificar o consumo e a poluição dos recursos hídricos, desde o início da cadeia produtiva até o abastecimento, criou-se o conceito de ‘pegada hídrica’ no contexto de recurso natural escasso.

Segundo Hoekstra e Chapagain (2008), características de uma produção e sua cadeia de abastecimento influenciam fortemente os volumes de consumo e poluição da água, que podem ser associados com o produto final de consumo. Identificar a cadeia de abastecimento e rastrear as origens do produto são formulações básicas para se chegar a uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

A ideia de considerar o uso da água ao longo das cadeias produtivas tornou-se interessante a partir do conceito de ‘pegada hídrica’ introduzido por Hoekstra em 2002 (Hoekstra, 2003). O Manual da Pegada Hídrica (Hoekstra et al., 2011, p.2) define-a como:

“Um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também seu uso indireto [...] abrangendo a apropriação de recursos hídricos, *vis a vis* ao conceito tradicional e restrito de captação de água”.

A pegada hídrica, segundo Hoekstra e Hung (2002), é uma ferramenta desenvolvida para o cálculo da água necessária na produção de *commodities*, representando o volume total/ano de água doce utilizada na produção de bens e serviços relacionados ao consumo. Ela é considerada como um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de

água por fonte (origem) e os volumes de poluição pelo tipo de poluição, de maneira geográfica (espacial) e temporal.

De acordo com Hoekstra et al. (2011), o conceito de pegada hídrica difere da consideração usual de consumo de água, ao considerar tanto o consumo direto, quanto o indireto; por eliminar do consumo a água que for restituída ao meio do qual foi retirada; e, ainda, por incluir em sua definição a água proveniente da chuva, da umidade do solo e a que se tornou poluída durante o processo que está sendo analisado.

Dentro desse contexto, a pegada hídrica é composta por componentes azul, verde e cinza (Quadro 1), onde a pegada azul representa a perda de água superficial e subterrânea de uma bacia hidrográfica, ao longo de uma cadeia produtiva, seja por consumo (incorporação ao produto), seja por evaporação ou retorno à bacia hidrográfica; a pegada verde representa o consumo de água da chuva, desde que não escoe; e a pegada cinza representa a poluição, isto é, o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes para disponibilizar a água aos padrões de qualidade. Esses três componentes da pegada hídrica são mensurados tanto no uso direto, quanto indireto da água, onde as pegadas hídricas azul e verde medem o consumo e a pegada hídrica cinza mede a poluição. Na pegada hídrica azul, o uso não consuntivo de captação de água não é considerado uma vez que retorna ao uso, por isto não é consuntivo.

Quadro 1 - Uso do fluxo da pegada hídrica

Uso da pegada hídrica	Definição
Pegada hídrica azul	Apropriação da capacidade de retirada: volume de água retirado do fluxo total de escoamento
Pegada hídrica verde	Apropriação da capacidade de assimilação da água da chuva por evapotranspiração: volume de água evaporado do solo e da vegetação, associada ou não à produção
Pegada hídrica cinza	Apropriação da capacidade de assimilação dos efluentes: volume de água necessário para diluir os poluentes colocando-a nos padrões de qualidade estabelecidos

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

O escopo amplo da pegada hídrica prevê a perspectiva que será abordada podendo ser geográfica ou de um processo, produto, consumidor ou produtor. Dessa forma, a PH quantifica e localiza o consumo e/ou a poluição, no espaço e no tempo, de processo, de produto, de produtor ou de consumidor ou, ainda, de uma área geográfica (Quadro 2).

Quadro 2 - Tipos de cálculo da pegada hídrica

Tipos de cálculo da pegada hídrica		Descrição
Grupo 1	Processo	Σ dos insumos diretos e indiretos no processo.
	Produto	Σ das pegadas hídricas de todos os processos necessários para a produção de um produto.
	Consumidor (indivíduo)	Σ de todos os produtos consumidos pelo consumidor.
	Comunidade	Σ das pegadas hídricas de todos os membros da comunidade.
	Produtor (empresa)	Σ das pegadas hídricas dos produtos finais que a empresa produz.
Grupo 2	Área geograficamente delimitada (município, estado, país, bacia hidrográfica e outras)	Σ das pegadas hídricas de todos os processos que ocorrem dentro da área.

Fonte: Adaptado de Hoekstra et al. (2011)

O Quadro 2 demonstra a PH sob dois grupos de perspectivas: Grupo 1 - processo, produto, consumidor, comunidade ou produtor - e Grupo 2 - geográfica. A identificação das perspectivas, na fase de definição dos objetivos e escopo da PH (Figura 4), é fundamental para se obter as respostas desejadas na pesquisa, fazendo-se necessário esclarecer o que abrange cada perspectiva.

A perspectiva de mensurar a PH de um único processo, estimada por etapas, é obtida através da quantificação das pegadas hídricas de todos os insumos deste processo, onde chega-se à PH de um produto final ou intermediário, correspondendo ao consumo de água agregada a todos os processos realizados até a finalização da produção. Segundo Hoekstra et al. (2011, p. 19), a PH de uma simples etapa do processo é a base de todos os cálculos de pegada hídrica.

A PH aplicada ao produto, seja intermediário ou final, é a agregação da PH de vários passos relevantes do processo de elaboração do produto. É utilizada para otimização de processos de produção, comparações de eficiências dos processos produtivos e determinando escolhas do consumidor.

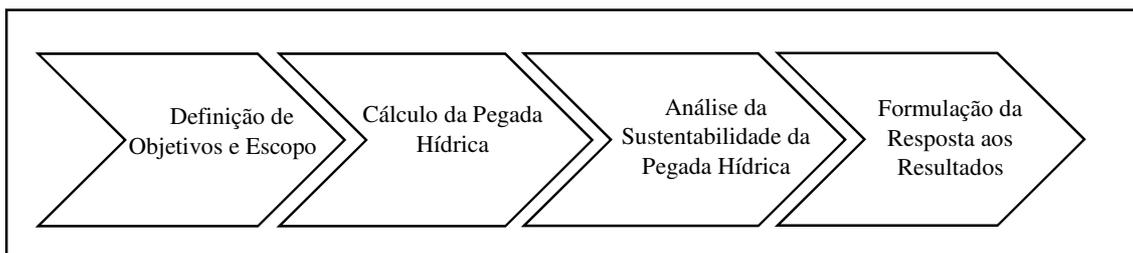
A PH do produtor é a soma das pegadas hídricas de todos os processos ocorridos naquela área.

A PH de um consumidor (indivíduo) é calculada a partir da quantidade total de água utilizada para produção de bens e serviços consumidos direta ou indiretamente por estes, proporcionando a sensibilização, a mudança de compreensão e tendência de consumo padrão dos recursos hídricos.

A PH direcionada a uma determinada área geográfica permite comparação de pegadas hídricas de consumo ou de poluentes em setores de produção em uma determinada região para tomada de decisão no gerenciamento da água, funcionando como um indicador geográfico em dimensões temporais e espaciais.

Neste contexto, a ferramenta analítica da PH, sugerida por Hoekstra et al. (2011), se totalmente executada, contempla quatro fases distintas (Figura 4): definição de escopos e objetivos (fase 1), cálculo da pegada hídrica (fase 2), análise de sustentabilidade da pegada hídrica (fase 3), e formulação da resposta aos resultados (fase 4).

Figura 4 - Fases de execução da pegada hídrica



Fonte: Hoekstra et al. (2011)

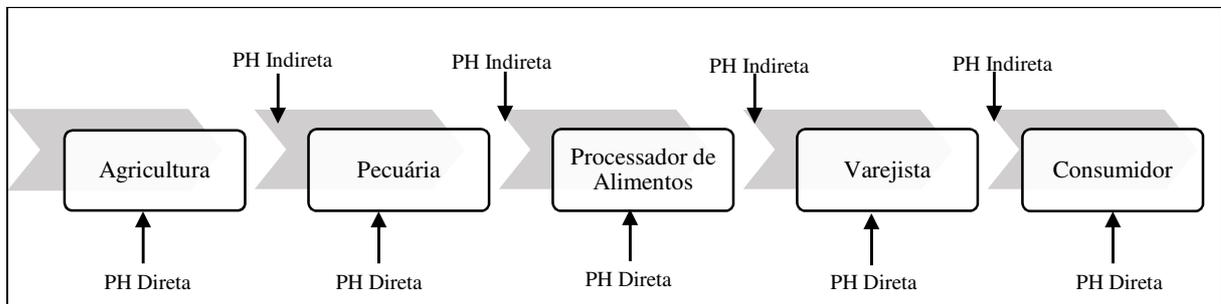
Nas fases de execução da PH, a primeira fase, através dos objetivos que se pretendem alcançar, define-se o escopo, ou seja, os processos, recursos, dados de entrada e outras informações que podem contribuir para a quantificação da PH desejada (PINA, 2010). Esta fase é definida de acordo com a perspectiva que se deseja alcançar na estimativa da pegada hídrica, onde as palavras-chave são ‘o propósito da mensuração da PH’ e ‘o contexto em que se aplica a PH’. Se o propósito é conscientização, estimativas de médias nacionais ou globais de PHs dos produtos são suficientes; se o propósito é identificação dos pontos críticos, são necessários incluir mais detalhes no escopo, na contabilização e na avaliação para se localizar onde e quando a PH tem os maiores impactos (ambientais, sociais ou econômicos) e, assim por diante. Por exemplo, uma empresa definiu que seu propósito é identificar sua dependência de recursos hídricos em sua cadeia produtiva e que seu contexto está inserido na avaliação da PH de um produto. Dessa forma, a empresa precisa responder, para esse exemplo, a questões tais como: qual o produto que ela vai analisar, qual a unidade de estoque, se de uma marca, se de um tipo de produto ou se de toda uma categoria de produtos, qual escala, se de um setor ou

fábrica, se de uma ou mais empresas ou de uma ou mais regiões de produção, dentre outros questionamentos. Essa lista não é exaustiva, somente mostra alguns itens que devem ser abordados.

A segunda fase envolve a coleta de dados e o desenvolvimento dos cálculos para obter-se a mensuração da PH e seu aprofundamento depende dos aspectos definidos na primeira fase. Esta fase é a mais relevante para todas as aplicações da pegada hídrica, devendo ser planejada de forma clara e explícita em relação aos limites de inventário, ou seja, definido o que incluir e excluir da contabilidade de acordo com o propósito da contabilização. O exemplo dado na primeira fase, faz com que a empresa busque os dados, de acordo com os objetivos definidos anteriormente, identificando os processos que são passíveis de utilização de água (direta ou indiretamente) para fins de quantificação volumétrica (contabilização) da PH. Desta forma a empresa precisa responder, para este exemplo, a quesitos tais como: qual o(s) componente(s) da pegada hídrica (azul, verde e/ou cinza), onde truncar a análise retroativa ao longo da cadeia produtiva, qual o nível de resolução espaço-temporal, que período de dados, qual o tipo de pegada hídrica (se consumidor, empresa, área delimitada geograficamente, produto, processo, país), se o tipo for consumidor ou empresa deve ser considerada a PH direta e indireta e, se o tipo for país deve ser considerada a PH dentro do país ou a do consumo nacional e a PH interna ou externa do consumo nacional, dentre outros questionamentos que o pesquisador considerar pertinente.

Avaliando, por exemplo, a PH de um produtor de carnes (Figura 5), de forma direta e indireta, identifica-se o detalhamento desta classificação.

Figura 5 - Pegada hídrica direta e indireta em cada estágio da cadeia de suprimento de um produto de origem animal



Fonte: Adaptada de Hoekstra et al. (2011, p.21.)

O exemplo da Figura 5 mostra, simplificadamente, a cadeia de um produto animal onde a pegada hídrica total de um consumidor é a soma de suas pegadas hídricas diretas e

indiretas, no consumo de carne. Percebe-se que no final da cadeia produtiva, a pegada hídrica indireta do consumidor da carne depende das pegadas hídricas diretas do comerciante que venda a carne (varejista ou comércio), do frigorífico que prepara a carne para a venda (processador de alimentos ou indústria), da fazenda que cria o animal (pecuária) e do produtor de ração que alimenta o animal (agricultura) e assim por diante.

A terceira fase é a de avaliação da sustentabilidade, onde a pegada hídrica é avaliada sob a perspectiva ambiental, econômica e social pela contribuição de diversos fatores tais como as condições locais, o contexto onde ocorre o consumo da água e as características da PH calculada na fase anterior. Nesta fase, a questão primária é se será utilizada uma perspectiva geográfica, ou de um processo, produto, consumidor ou produtor. Se a perspectiva for geográfica considera-se a sustentabilidade da PH agregada em uma área específica que permita a comparação da PH e da disponibilidade de água e se a perspectiva for de um processo, produto, consumidor ou produtor, considera-se não a PH agregada em um área geográfica específica, mas a contribuição da PH individual do processo, produto, consumidor ou produtor em relação a um panorama maior. Para o exemplo dado na primeira fase, a avaliação da sustentabilidade seria verificar a contribuição da PH aos pontos críticos levantados e se a PH contribui para a PH global da humanidade. Quanto mais detalhado o nível de resolução espacial e temporal usado para comparar as PHs e a disponibilidade da água, maior a probabilidade de identificar os pontos críticos.

A quarta e última fase consiste na formulação de estratégias ou políticas com base nos resultados obtidos na PH. Se a perspectiva for dentro de uma área delimitada geograficamente deve-se perguntar: o que (e por quem) deve ser feito para reduzir a PH dentro daquela área, por quanto tempo e qual caminho a seguir. Se, a perspectiva for de um consumidor, produtor, comunidade de consumidores, produto deve-se perguntar: o que os consumidores podem fazer diante dos resultados apontados.

A avaliação da pegada hídrica depende do foco de interesse, pois alguns podem estar interessados na pegada hídrica de um passo específico de um processo em uma cadeia de produção ou da pegada hídrica de um produto final ou da pegada hídrica de um consumidor, de um grupo de consumidores, de um produtor ou de um setor econômico, ou de um município, enfim sua avaliação depende do que se pretende obter de resultado na aplicação dessa ferramenta analítica.

2.2.1 *Revisão conceitual*

A base conceitual da PH veio do conceito de Pegada Ecológica difundido, inicialmente, por Wackernagel e Riss (1996), como a área necessária para suportar níveis de consumo de recursos e resíduos descartados por uma dada população humana, medida em hectares de terra de área bioprodutiva (ha/ano). A metodologia original consistiu em construir uma matriz de consumo/uso da terra, considerando cinco categorias principais de consumo (alimento, moradia, transporte, bens de consumo e serviços) e seis categorias principais de uso da terra (energia da terra, ambiente degradado construído, jardins, terra fértil, pasto e floresta sob controle).

Tal metodologia foi aprimorada a fim de melhorar as deficiências da metodologia original, considerando: a inclusão da superfície total do planeta no cálculo de sua biocapacidade (capacidade de carga); a reserva de uma parte da biocapacidade para outras espécies; a mudança das taxas de sequestro de carbono pela vegetação; e o uso da produtividade primária líquida na determinação de fatores de equivalência para o cálculo da biocapacidade e da pegada ecológica (GFN, 2007).

Um estudo realizado por Galli et al. (2012), comparando as semelhanças e diferenças existentes entre os indicadores de sustentabilidade ambiental Pegada Ecológica (PE), Pegada Hídrica (PH) e Pegada do Carbono (PC) - denominados 'Família Pegada' - demonstrou em nove características (abordagem da pesquisa, objetivo geral, fonte de dados, unidades de medida, abrangência do indicador, utilidade política, pontos fortes, pontos fracos e considerações complementares da 'Família Pegada'), que a PE - utiliza uma abordagem baseada no consumidor para controlar as pressões humanas sobre o planeta em termos de demanda agregada, apresentado em locais o consumo dos recursos naturais e da emissão de CO₂ sobre os ativos ecológicos (impacto sobre a biosfera) - e a PH - utiliza uma abordagem baseada no consumidor para controlar as pressões humanas sobre o planeta em termos de volumes de água necessários para a alimentação humana (impacto sobre a hidrosfera) -, dentro da característica 'Utilidade Política' possui mais de 50% de semelhança nos 25 pontos abordados (estratégia temática, política agrícola, estratégia sustentável da União Europeia, dentre outros).

Nessa dimensão, a interação entre a Pegada Ecológica (PE) e a Pegada Hídrica (PH) se dá quando a PE considera a quantidade de água necessária na produção e a PH combina essa quantidade de água da produção com o conceito de água virtual, este último reconhece a presença da água nos bens de consumo, no fluxo de importações e exportações dos produtos - volume de água virtual comercializado. A Pegada Hídrica (PH) é um indicador de mensuração

da água que envolve o uso da água virtual somado a outros fatores dentre eles a quantidade de água diretamente utilizada em um produto, ou seja, a PH tem o sentido mais amplo (consumo pelas pessoas, empresas, negócios, bacias hidrográficas e país, por tipo de uso) que o conceito de água virtual (conteúdo de água incorporado ao produto/serviço/bem). Segundo Hoekstra e Chapagain (2008), a PH de um produto é um indicador multidimensional, enquanto que o conteúdo de água virtual (água incorporada) refere-se somente ao volume ou um aspecto do uso da água. O termo água virtual é utilizado no contexto internacional ou inter-regional de fluxos de água.

O conceito de água virtual, introduzido em 1993, de forma incipiente, e difundido de forma científica, a partir de 1997 (ALLAN, 1997), é o termo utilizado para definir a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço, embutida nestes, não somente no sentido visível, mas também no sentido virtual. Ojima et al. (2008) definem como a quantidade de água utilizada na produção de um bem desde o início de sua cadeia produtiva até o produto final, levando-se em consideração os critérios de parâmetros climáticos, evapotranspiração da cultura, consumo de água por unidade de produto, produtividade e água utilizada no processamento do produto - demanda de água por produto (água virtual).

Apesar de o conceito introdutório de água virtual ter sido expressado por Allan (1997), no início da década de 90, sua repercussão foi mais expressiva após ser difundida por Hoekstra e Hung (2002), ao realizar em Holanda, um trabalho de identificação e quantificação dos fluxos de comércio de água virtual entre os países.

A concepção de água virtual está intimamente relacionada com o conceito de Pegada Ecológica (PE), pois é necessário perseguir os passos e as etapas do processo de produção avaliando detalhadamente cada elemento, os impactos e os usos dos recursos naturais envolvidos no processo como um todo, desde a sua matéria prima básica até o consumo.

Comparando o conceito de Água Virtual com o de Pegada Hídrica, a principal diferença entre essas duas concepções é de que a água virtual é definida de uma perspectiva de produção e a pegada hídrica é definida sob o ponto de vista de consumo, ambos são usados para estimar o conteúdo da água no produto ou serviço (VELÁZQUEZ et al., 2009).

Um estudo realizado por Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010) evidenciou, dentro das normas de padrão ISO, no que tange à análise de riscos de projetos, que a Pegada Ecológica (PE) ocupa 3º lugar e que a proteção aos recursos hídricos ocupa 12º lugar no ranking de 30 indicadores de sustentabilidade ambiental mapeados.

Da necessidade humana, seja no contexto individual ou coletivo, a água é um recurso natural, limitado e fundamental. Sua movimentação pela evaporação dos solos e

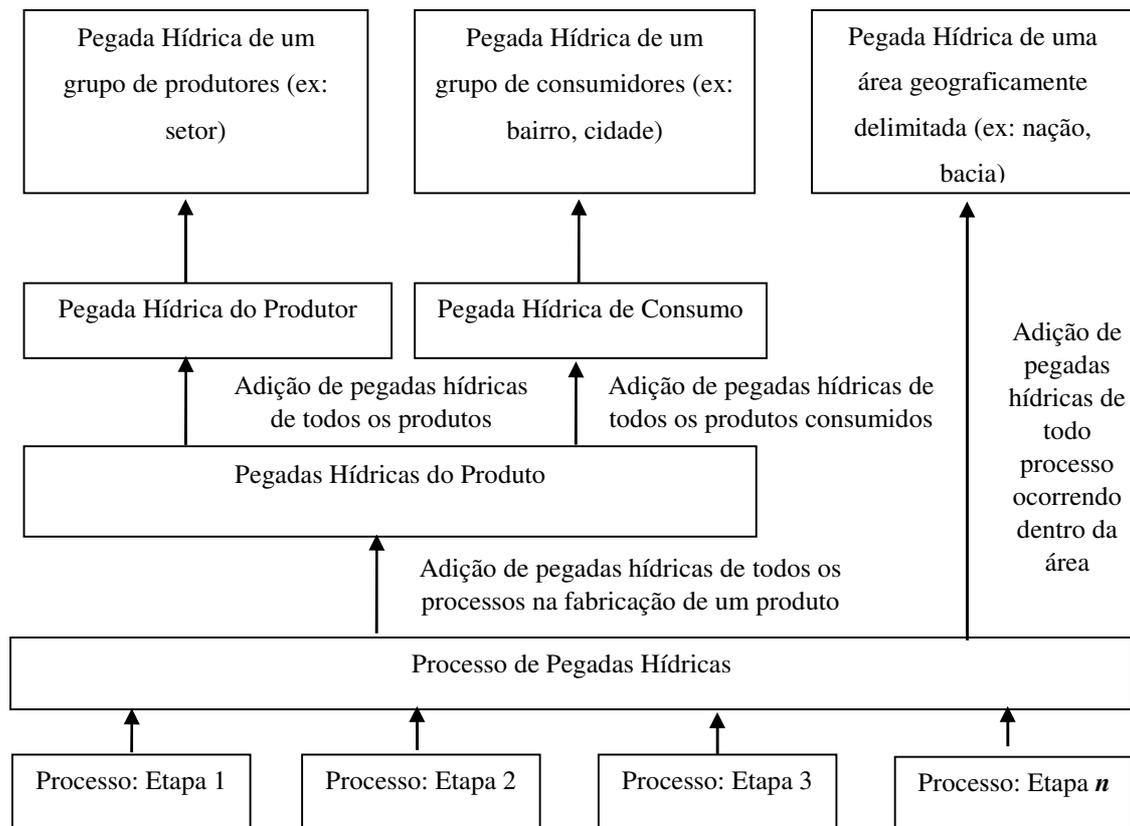
superfícies líquidas, bem como pela transpiração das plantas, destinam-na à atmosfera em um lugar e liberam-na pela precipitação em outro lugar. Tal precipitação gera excesso de água no solo, causando escoamento superficial (rios e córregos) e fluxo parcial para águas subterrâneas. Segundo McCarthy et al. (2001) e Krol et al. (2006), o efeito projetado de mudanças climáticas no escoamento superficial e na recarga subterrânea é variável, dependendo da região e do cenário climático considerado, mas se relaciona, em grande parte, com as mudanças previstas para precipitação.

Um estudo realizado por Mello et al. (2008) prevê que a magnitude e a frequência de vazões máximas aumentam na maioria das regiões do planeta e as vazões mínimas diminuem em muitas regiões. Na região do semiárido do Nordeste brasileiro, Krol e Bronstert (2007) identificaram tendência significativa de redução nas vazões do Rio Jaguaribe após 2025, considerando um cenário de redução de 50% de precipitação para as próximas cinco décadas.

Este cenário corrobora com a afirmativa de que a Terra, embora forme um ciclo hidrológico e seja continuamente reabastecida por ele, tem sua disponibilidade limitada e não pode exceder a taxa de reposição anual. Desta forma, a investigação da quantidade de água doce disponível durante um determinado período e sua apropriação real por parte do homem representa a contabilização da Pegada Hídrica (PH) como a principal fase, em qualquer ramo de atividade.

Neste contexto, a PH expressa a apropriação humana de água doce em termos volumétricos, associada ao uso humano do fluxo que se evapora na superfície terrestre (PH verde) e ao uso consuntivo do fluxo de escoamento que não retorna à bacia (PH azul), podendo ser calculada para: as etapas do processo, o processo como um todo, os produtos, os indivíduos, os produtores, uma área delimitada e a humanidade (Figura 6).

Figura 6 - Pegadas hídricas de processo como unidade básica para cálculo de todas PHs



Fonte: Adaptado de Hoekstra et al. (2011).

O simples cálculo de uma etapa do processo serve de parâmetro para todos os demais cálculos da PH, pois na PH de uma etapa do processo é mensurada pela avaliação do ciclo de vida dos produtos envolvidos, modulando suas diferentes fases na etapa do processo. Para Hoekstra et al. (2011) cada etapa do processo é composta pelas PH azul, PH verde e PH cinza.

A PH azul corresponde ao volume evaporado, ou consumido, no processo industrial, ou escoado para outra bacia/oceano, ou, ainda, que não retorna no mesmo período, onde o volume de água doce superficial ou subterrânea disponível é consumido em determinado período (volume/tempo). A PH azul em cada etapa do processo é calculada pela Equação 1.

Equação 1 - Pegada hídrica processo azul

$$PH_{proc\ azul} = Evap.\ águ\ azul + Incorp.\ águ\ azul + Vazão\ de\ retorno\ perdida \quad (1)$$

Na Equação 1, a 'Evaporação da água azul' é o componente mais significativo devendo ser considerada toda a água que evapora no processo de armazenamento,

processamento, coleta e lançamento; já a ‘Incorporação da água azul’ é a quantidade de água disponível consumida ou incorporado ao produto em um determinado período, que pode ser classificada em direta e indireta; e a ‘vazão de retorno perdida’ é decorrente dos fluxos de água subterrânea e superficial não utilizados para as atividades humanas que permitem a manutenção da vida nos ecossistemas que dependem destes fluxos.

É importante distinguir os tipos de fontes de água azul na pegada hídrica azul de um processo. A divisão mais aceita, atualmente, é água superficial, fluxo de água subterrânea e água subterrânea fóssil, porém não é fácil de fazê-la em virtude da insuficiência dos dados. Para UNESCO-IHE (2008), Aldaya e Hoekstra (2010) e Mekonnen e Hoekstra (2010), quando houver disponibilidade dos dados, deve-se especificar a pegada hídrica azul pela fonte, como por exemplo no uso consuntivo das águas coletadas da chuva. Este tipo pode ser confundido como uma fonte de pegada hídrica verde ou azul, mas deve ser considerado como azul uma vez que, na maioria das vezes a coleta da água das chuvas é subtraída do escoamento superficial - este último enquadrado como fonte de pegada hídrica azul.

A PH verde mensura a água da chuva armazenada no solo ou que permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação, ou seja, decorre da precipitação no continente que não escoar ou não repõe a água subterrânea. A Equação 2 representa a pegada hídrica verde como o volume da água da chuva consumido durante o processo de produção, em volume/tempo.

Equação 2 - Pegada hídrica processo verde

$$PH_{proc\ verde} = Evap.\ água\ verde + Incorp.\ água\ verde \quad (2)$$

A Equação 2 representa a pegada hídrica verde em uma etapa do processo como o total de água da chuva que sofre evapotranspiração mais a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos. A diferença básica entre a PH azul e a PH verde está nos impactos hidrológico, ambiental e social, bem como os custos de oportunidade pelo uso de águas superficiais e subterrâneas (PH azul) os quais diferem dos impactos e custos do uso da água da chuva (PH verde).

A PH cinza quantifica a água poluída durante o processo produtivo, ou seja, é o volume de água necessário (L) para assimilar a carga de poluentes baseado nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes ($C_{máx} - C_{nat}$), sendo calculada pela divisão da carga poluente pela diferença entre a concentração do padrão ambiental de qualidade

da água para um determinado poluente e sua concentração natural no corpo d'água receptor, em volume/tempo (Equação 3).

Equação 3 - Pegada hídrica processo cinza

$$PH_{proc\ cinza} = \frac{L}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}} \quad (3)$$

A abordagem adotada para calcular a pegada hídrica cinza é a mesma da denominada abordagem da carga crítica – espaço destinado para a absorção de efluentes foi totalmente consumido. A Equação 3 evidencia que a amplitude de um corpo d'água destinada à assimilação de efluentes é limitada pela diferença entre a concentração máxima e a concentração natural.

Observa-se que para o cálculo da pegada hídrica do produto, em uma ou mais processos, cada etapa do processo é composta pelas PH azul, PH verde e PH cinza.

A pegada hídrica de um produto, segundo Hoekstra et al. (2011), é o volume total de água doce utilizado direta ou indiretamente em seu processo produtivo, calculado de forma estimada com base no consumo e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva, em qualquer tipo de produto, derivados dos setores agrícola, industrial, comercial ou de serviços, subdividida nos componentes verde, azul e cinza.

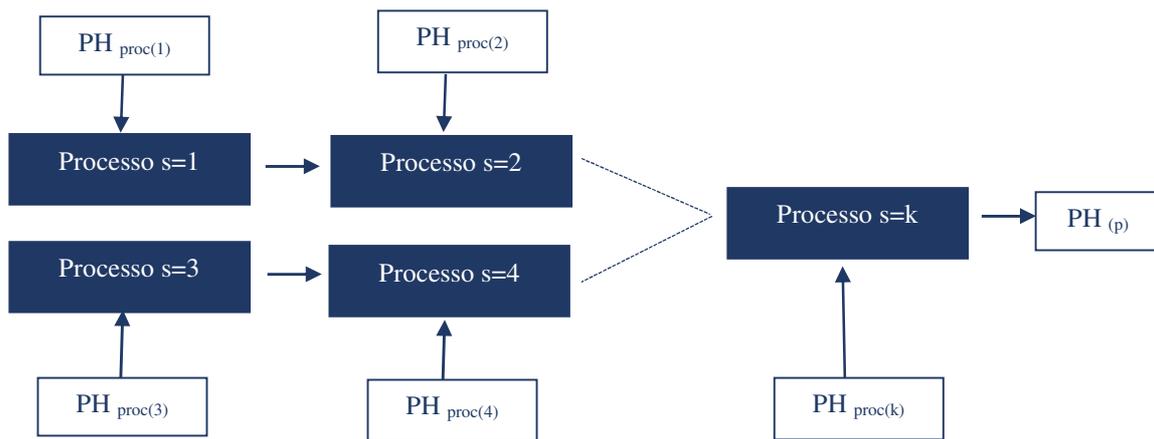
Para se estimar a pegada hídrica de um produto, dentro do método estabelecido por Hoekstra et al. (2011), é preciso desenhar o sistema de produção em passos do processo, tais como:

- 1º passo - identificar como o produto é fabricado;
- 2º passo - avaliar dentro das etapas de produção os processos sequenciais (atividades desenvolvidas);
- 3º passo - limitar as etapas de produção de forma a interligá-las ao processo, no tempo e espaço, criando suposições e simplificações;
- 4º passo - calcular a PH por duas formas alternativas: abordagem da soma das cadeias (Figura 7) e do método sequencial cumulativo (Figura 8).

Na identificação de como o produto é fabricado (1º passo), verifica-se o 'sistema de produção' da empresa em uma visão geral; na avaliação dos processos sequenciais nas etapas de produção (2º passo) definem-se as múltiplas etapas de processos que precedem a etapas subsequentes, verificando, nesse passo, qual das duas abordagens (esclarecidas no 4º passo) será utilizada no 'sistema de produção'; na limitação das etapas de produção criando suposições

e simplificações (3º passo) define-se o tempo e espaço em que serão efetuados os cálculos, buscando esquematizar o ‘sistema de produção’ em número limitado de etapas, onde o tempo é delineado pelo tipo de análise que se quer obter dentro do rastreamento da origem (insumos) do produto até o seu uso final na produção, e o espaço é delimitado como o local da produção que influenciará no tamanho e na cor da pegada hídrica; e no cálculo da PH (4º passo) realizado por duas formas alternativas – a primeira alternativa pela abordagem da soma das cadeias que é aplicada em casos específicos em que o sistema produtivo produz um único produto final, ou seja, as pegadas hídricas relevantes associadas aos diversos passos do processo poderão ser totalmente atribuídas ao produto resultante quando divididas pela quantidade produzida do produto “p”, já a segunda alternativa, a do método sequencial cumulativo, é uma forma genérica de calcular a pegada hídrica de um produto com base na soma das pegadas hídricas dos insumos que foram necessários na última etapa do processo e depois distribuí-la à quantidade produzida.

Figura 7 - Esquema do sistema de produção do produto ‘p’ em ‘k’ passos de processo



Fonte: Hoekstra et al. (2011, p.44)

No cálculo da pegada hídrica pela abordagem da soma das cadeias (Figura 7), alguns passos ocorrem em série, outros em paralelo. A pegada hídrica do produto final ‘p’ é calculada como a soma das pegadas hídricas dos processos relevantes que compõem o sistema de produção, pressupondo neste esquema simplificado que ‘p’ é o único produto final proveniente do sistema de produção, que será dividida pela quantidade produzida do produto ‘p’.

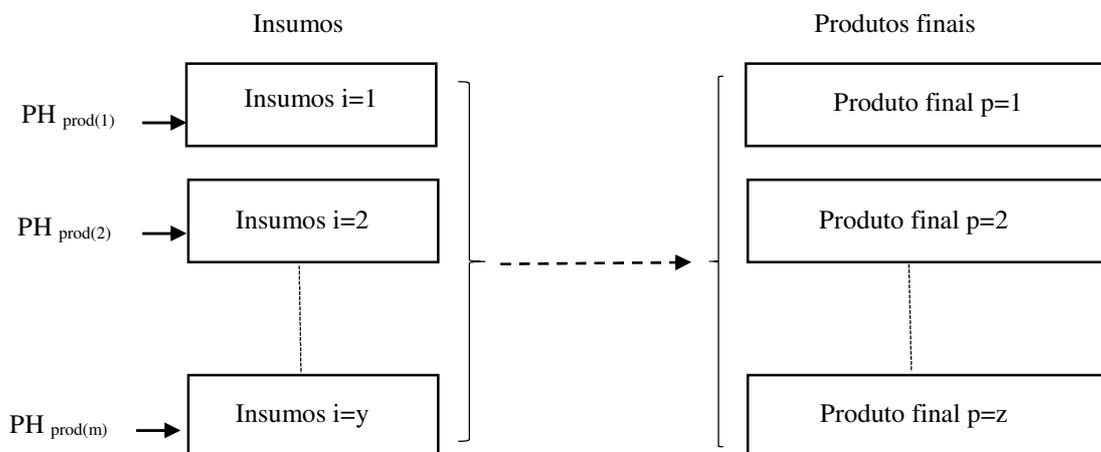
A representação desse esquema de produção é reproduzida pela Equação 4, onde: $PH_{proc(s)}$ é a pegada hídrica do passo “s” do processo (volume/tempo) e $P_{(p)}$ é a quantidade produzida do produto “p” (massa/tempo).

Equação 4 - Pegada hídrica de um processo

$$PH_{proc(p)} = \frac{\sum_{s=1}^n PH_{proc(s)}}{P(p)} \quad (\text{volume/massa}) \quad (4)$$

A esquematização de cálculo da pegada hídrica pelo método sequencial cumulativo - segunda alternativa - é realizada de forma genérica, pois soma todas as pegadas hídricas dos insumos que foram necessários na última etapa do processo, a fim de produzir o produto e a pegada hídrica do processo daquele passo de processamento. Outra maneira de calcular a pegada hídrica por este método, quando há somente um insumo e mais de um produto final, é pela distribuição da pegada hídrica do insumo entre os produtos finais por critério de proporcionalidade sobre o valor dos mesmos ou pelo peso dos produtos. Por fim, pode ocorrer um caso mais genérico neste método quando se calcula a pegada hídrica de um produto “p” que está sendo elaborado a partir do processamento de “y” insumos, resultando em “z” produtos finais (Figura 8).

Figura 8 - Esquema do último passo do processo no sistema de produção do produto ‘p’



Fonte: Hoekstra et al. (2011, p.45)

De acordo com a esquematização exposta na Figura 8, a pegada hídrica do produto final ‘p’ é calculada com base nas pegadas hídricas dos insumos e na pegada hídrica do processo quando os insumos geram os produtos finais. Se no decorrer do processamento houver algum uso de água, a pegada hídrica do processo é adicionada às pegadas hídricas dos insumos antes da distribuição do total da pegada hídrica pelos diversos produtos finais, conforme Equação 5.

Equação 5 - Pegada hídrica de um processo mais pegada hídrica dos insumos

$$PH_{prod[p]} = \left(PH_{proc[p]} + \sum_{i=1}^y \frac{PH_{prod[i]}}{f_{p[i]}} \right) \cdot f_v[p] \quad (\text{volume/massa}) \quad (5)$$

Desta forma, a pegada hídrica do produto ‘p’ é calculada pela Equação 5, onde $PH_{prod[p]}$ é a pegada hídrica (volume/massa) do produto final ‘p’, a $PH_{prod[i]}$ é a pegada hídrica do insumo ‘i’ e a $PH_{proc[p]}$ é a pegada hídrica do processamento que transforma os ‘y’ insumos em ‘z’ produtos expressos com base no uso da água por unidade de produto processado. Os parâmetros $f_p[p,i]$ e $f_v[p]$ são, respectivamente, fração do produto e fração de valor, onde a fração do produto final ‘p’ é definida como a quantidade de produto final (peso[p], massa) (Equação 6) e a fração de valor de um produto final ‘p’ é definida pela razão entre o valor de mercado desse produto e o valor de mercado agregado de todos os produtos finais obtidos dos insumos (Equação 7).

Equação 6 - Fração do produto

$$f_p[p, i] = \frac{peso [p]}{peso [i]} \quad (6)$$

Equação 7 - Fração de valor

$$f_v [p] = \frac{preço [p] \cdot peso [p]}{\sum_{p=1}^z (preço [p] \cdot peso [p])} \quad (7)$$

O preço [p] se refere ao preço do produto ‘p’ e o denominador da Equação 7 representa o somatório dos ‘z’ produtos finais que resultaram dos insumos. Em um caso simples, onde se processa somente um insumo para a produção de um produto final, o cálculo da pegada hídrica é representado pela Equação 8.

Equação 8 - Pegada hídrica do produto processado por um insumo

$$PH_{prod[p]} = PH_{prod[p]} + \frac{PH_{prod[i]}}{f_p[p,i]} \quad (\text{volume/massa}) \quad (8)$$

Hoekstra et al. (2011) recomendam que o cálculo da pegada hídrica do produto final de um sistema de produção seja iniciada pelo cálculo das pegadas hídricas dos recursos mais básicos da cadeia produtiva e, posteriormente, pelo cálculo das pegadas hídricas dos produtos intermediários até se chegar ao cálculo da pegada do produto final. Primeiramente, deve-se obter as pegadas hídricas dos insumos e da água utilizada para processá-los na elaboração do produto final e depois distribuir entre os diversos produtos finais de acordo com suas frações de produto e de valor.

As frações de produtos podem ser obtidas através da literatura disponível para determinados processos produtivos. Nos produtos de origem agrícola e pecuário, as frações de

produtos podem ser obtidas na FAO (2014) e em UNESCO-IHE (2004, v. 2), já as frações de valor – que flutuam ao longo dos anos dependendo da variação dos preços – recomenda-se estimá-las com base no preço médio de um período de pelo menos cinco anos e podem ser encontradas em UNESCO-IHE (2004, v. 2). Apesar dessa disponibilidade de informação na literatura, o mais recomendável é buscar os dados junto aos produtores e fabricantes, ou seja, na fonte.

Além do cálculo da pegada hídrica do produto, outras pegadas hídricas podem ser calculadas (Figura 6), tais como: pegada hídrica de um produtor ou grupo de produtores, pegada hídrica de um consumidor ou grupo de consumidores e pegada hídrica de uma área delimitada geograficamente.

A pegada hídrica de um produtor está sendo abordada no presente estudo, dentro do segmento da construção civil imobiliária, ou seja, na produção de um imóvel residencial. A pegada hídrica de um consumidor também será utilizada em parte da metodologia aplicada nesta pesquisa, uma vez que a mesma (PH_{cons}) é calculada através da soma da pegada hídrica direta e indireta do indivíduo que executa o serviço dentro da obra de construção civil imobiliária (Equação 9).

Equação 9 - Pegada hídrica do consumidor

$$PH_{cons} = PH_{cons,dir} + PH_{cons,indir} \quad (\text{volume/tempo}) \quad (9)$$

A pegada hídrica direta representa o consumo e a poluição relacionados ao uso da água em casa ou no jardim, enquanto que a pegada hídrica indireta se refere ao consumo e a poluição da água que podem estar associados à produção dos bens e serviços utilizados pelo consumidor, ou seja, a água para produzir, por exemplo, roupas, energia e bens industriais de consumo, sendo este uso indireto da água evidenciado na Equação 10.

Equação 10 - Pegada hídrica do consumidor indireto

$$PH_{cons,indir} = \sum_p (C[p] \cdot PH_{prod}[p]) \quad (\text{volume/unidade de produto}) \quad (10)$$

Na Equação 11, $C[p]$ é o consumo do produto ‘p’ (unidades de produto/tempo) e $PH_{prod}[p]$ é a pegada hídrica desse produto (volume de água/unidade de produto), onde o conjunto dos produtos considerados se refere ao somatório dos bens e serviços utilizados pelo consumidor final.

Equação 11 - Pegada hídrica do produto final 'p' detalhada

$$PH_{prod}[p] = \frac{\sum_x (C[x,p] \cdot PH_{prod}[x,p])}{\sum_x C[x,p]} \quad (\text{volume/unidade de produto}) \quad (11)$$

É de grande relevância para qualquer pesquisa que calcule a pegada hídrica, buscar na literatura modelos de pegadas hídricas utilizadas, nacional e internacionalmente, a fim de exaurir todas as possibilidades de que a presente pesquisa é inovadora nesse contexto.

Para tanto, foram levantados e evidenciados nos tópicos 2.2.2 e 2.2.3 deste trabalho uma revisão bibliográfica apontando os tipos de metodologias utilizadas para aplicação da pegada hídrica em diversos segmentos e produtos.

2.2.2 Modelos internacionais

Diversas iniciativas vêm sendo desenvolvidas por empresas, governos, entidades não governamentais, pesquisadores e outros para mensuração da pegada hídrica. De forma não exaustiva, mas abrangente, foram levantados diversos estudos sobre a aplicabilidade e a apresentação de resultados da pegada hídrica em países, produtos e segmentos distintos mundialmente nesta seção.

Ridoutt e Pfister (2010) avaliaram a PH para os produtos molho de macarrão Dolmio e amendoim M & M's, na Austrália, demonstrando o volume de água (em l/produto) de, respectivamente, 1.153 e 202 l/produto. Referido estudo considerou os componentes de água azul, verde e cinza no resultado apontado, bem como a contribuição do estresse hídrico nessas PHs. Nos resultados apontados, o elemento cinza ora fora analisado, ora fora eliminado quando comparado à PH dos dois produtos.

Um estudo realizado na China, por Ge et al. (2011), em dados do ano de 2007, utilizando a pegada hídrica como indicador de apropriação dos recursos de água doce, estimou a pegada hídrica da China em $856,34 \times 10^{12}$ l/ano e a pegada hídrica *per capita* em 648.110,0 l/ano. Para tal evidência, utilizou dados de clima, de culturas agrícolas, de umidade do solo, de meteorologia, da quantidade de água virtual da produção animal na China, de anuários estatísticos das 31 províncias, de municípios e regiões autônomas da China, dentre outros, no software CROPWAT – parte de um software utilizado pela FAO, para calcular as estimativas das necessidades hídricas das lavouras. A concepção utilizada com base no conceito de água virtual, por Hoekstra (2003), foi mais relevante para esse estudo do que a do conceito de pegada hídrica, uma vez que utilizou dados de produção agrícola e animal da China e de suas regiões, os quais metodologicamente se aplicam à análises com base conceitual em água virtual pelo

método de ‘cima para baixo’ – que considera a água para uso doméstico, o consumo de água virtual dos produtos agrícolas (incluindo grãos, carne e legumes, bem como o volume de água virtual consumida pelos produtos industriais).

Os autores observaram que mesmo utilizando o conceito de água virtual a diferença espacial entre a pegada hídrica *per capita* entre todas as províncias da China é considerável, em virtude de que as cidades mais desenvolvidas na China são localizadas em províncias costeiras e no sul, com pegada hídrica *per capita* maior, menor intensidade pegada de água e maior eficiência do consumo de água, enquanto que as cidades localizadas no Noroeste da China tem menor eficiência de utilização da água - dentre outros fatores também relevantes. Pegada de água da China é muito abaixo do nível médio do mundo, sendo apenas a metade da pegada de água do mundo e ainda menos de um terço da pegada hídrica dos EUA. Este fenômeno pode se relacionar com o nível de um país de desenvolvimento e hábitos alimentares econômicas, bem como do padrão de vida dos chineses com produtos origem vegetal e leguminosas. Além disso, o volume de água virtual nos produtos de origem animal é mais elevado do que em produtos de plantas, de modo que a água *per capita* na China é menor do que em alguns países desenvolvidos.

Zhang, Yang e Shi (2011) fizeram um estudo quantitativo sobre a pegada hídrica em Pequim, analisando insumo-produto fora da região, nas águas azuis e cinzas. O método de sistema de insumo-produto utilizado consistiu em equações lineares, informando dados de produção de um setor de uma região intermediária e o consumo final de todos os setores de todas as regiões em que ocorreram transações monetárias dos bens e serviços. As matrizes das pegadas hídricas direta dos produtos foram distribuídas em setores primários, secundários e terciários, apresentando os resultados em 33 setores da pegada hídrica total (local - interna e inter-regional - externa). Os resultados evidenciaram o total de pegada hídrica de Pequim em $4.498,4 \times 10^9$ l/ano, dos quais 51% é pegada hídrica externa adquirido através de importação de água virtual, onde o setor agrícola tem a pegada hídrica mais alta de $1.524,5 \times 10^9$ l/ano (56% proveniente de fontes externas). Apesar de o volume de água virtual ser acima de 50%, o principal fornecedor dessa água virtual é Heibei, outra região de Pequim com problemas de escassez de água, o que demonstrou necessidade do Governo aumentar a eficiência da utilização dos recursos hídricos regionais e nacionais.

Chapagain e Hoekstra (2011) quantificaram a água doce utilizada para a produção de arroz no mundo, distinguindo em três fontes diferentes: água de irrigação retirada da terra ou água de superfície (água azul), água pluvial (água verde) e água poluída relacionada à utilização de fertilizantes de azoto na produção de arroz (água cinza). Os autores,

primeiramente, identificaram que existem dois sistemas de produção de arroz, o sistema de áreas úmidas e o sistema de sequeiro; que cerca de 85% da área de colheita do arroz no mundo é derivada de sistema de áreas úmidas; e que 90% da produção de arroz do mundo é oriunda de 13 países - China, Índia, Indonésia, Bangladesh, Vietnam, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Brasil, Japão, EUA, Paquistão e Coreia.

Na metodologia aplicada por Chapagain e Hoekstra (2011), em dados de 45 países do mundo separadamente (representando 98% da produção de arroz) e dos demais países em conjunto (representando 2% da produção de arroz), foram obtidas do banco de dados CLIMWAT (dados de evapotranspiração de referência - ETo - e de precipitação média mensal), exceto o dos Estados Unidos que foram obtidos do FAOCLIM (banco de dados agroclimático mundial). Os dados calculados no CROPWAT e disponibilizados no CLIMWAT e FAOCLIM, sendo utilizados para aferimento dos componentes 'azul' e 'verde', enquanto que para estimar o 'cinza' foi utilizado o Nitrogênio como elemento representativo na obtenção desse volume de água poluída. Também foram considerados o fluxo internacional de água virtual entre os países relacionados ao comércio de produtos de arroz, calculado pela multiplicação dos fluxos de comércio da mercadoria (ton/ano) por sua pegada hídrica associada (m³/t) no país exportador, além do detalhamento da pegada hídrica do arroz de uma nação em componente interno e externo. A pegada de água interna do consumo de arroz se refere ao consumo e poluição dos recursos hídricos nacionais para a parte do arroz produzido e consumido internamente e o consumo do arroz importado equivale à pegada hídrica externa do país, em locais onde o arroz é importado.

Os resultados apontaram que a pegada hídrica da produção e consumo de arroz, no período de 2000 a 2004, segundo Chapagain e Hoekstra (2011), é significativa em países do sul da Ásia, continente que produz cerca de quase 90% do arroz global; que o percentual de participação dos componentes 'azul' (44%) e 'verde' (48%) são semelhantes tanto na produção e consumo interno, quanto virtual ('azul' participa com 47% e o 'verde' com 45%); que a produção do arroz é uma fonte difusa de poluição difícil de atenuar, pois o componente 'cinza' (8%) depende da redução de lixiviação de fertilizantes e pesticidas no campo, através do aumento da eficiência da 'água azul', ou seja, compromete mais uso de 'água azul'; e que a quantidade de água utilizada pode variar de lugar para lugar, dependendo se o arroz vem, por exemplo, da Índia, Tailândia, EUA, Paquistão ou do Egito, e dependendo se o arroz é produzido no seco ou no período chuvoso.

Ercin, Aldaya e Hoekstra (2011) estudaram a contabilidade da pegada hídrica e a avaliação do impacto de uma bebida gaseificada açucarada em uma garrafa Pet de 0,5 litro. O

processo de produção foi analisado tanto para a bebida, como para a garrafa Pet, pela metodologia de Hoekstra et al. (2011), distinguindo os componentes hídricos em água azul, verde e cinza. Diante da proposta metodológica a ser utilizada, foram mapeados os Processos e definidas as ‘etapas’ oriundas destes Processos a fim de identificar em cada uma destas ‘etapas’ a contabilização da pegada hídrica de acordo com os insumos e serviços utilizados tanto na fabricação da bebida gaseificada açucarada, quanto da garrafa Pet (embalagem da bebida). Os resultados apontaram a bebida gaseificada açucarada tem uma pegada hídrica de 169 a 309 l, dependendo do país de origem do insumo açúcar de beterraba ou de cana de açúcar. A avaliação das cores da pegada hídrica foram feitas a fim de identificar os impactos das pegadas hídricas, evidenciando que a maior PH azul (124 l) está relacionada ao açúcar da cana oriundo do Paquistão e a menor PH azul (7 l) ao açúcar da beterraba, oriunda da Holanda; a maior PH verde é da Índia e a menor PH verde é do Peru (49,3 l); e a menor PH cinza (2,4 l) do açúcar da cana provém do Brasil e a mais alta PH cinza vem da China (12 l).

Um estudo semelhante ao de Chapagain e Hoekstra (2011), no que tange ao aspecto de avaliação da pegada hídrica mundial de produção e do consumo, foi realizado por Hoekstra e Mekonnen (2012), no período de 1996 a 2005, porém estes últimos não analisaram a pegada hídrica mundial de um só produto (CHAPAGAIN; HOEKSTRA, 2011), mas a pegada hídrica dos setores agrícola, industrial e de abastecimento de água doméstica. O objetivo do estudo foi estimar a pegada hídrica da humanidade quantificando as pegadas hídricas dos países (nações), tanto do ponto de vista da produção quanto do consumo. A metodologia aplicada seguiu a proposta de Hoekstra et al. (2011) analisando dados que compõem a formulação de cálculo (contabilização) da pegada hídrica, dentre eles: a pegada hídrica da produção nacional, o fluxo internacional de água virtual e a pegada hídrica do consumo nacional.

A pegada hídrica da produção nacional foi calculada pela soma da pegada hídrica de todos que consomem água ou processos poluidores que ocorrem em um país. No setor agrícola foram estimadas produção da pegada hídrica global com o modelo de uso da água com resolução espacial de 5x5 e na produção industrial e abastecimento doméstico de água foram estimadas usando dados de retirada de água do banco de dados AQUASTAT e EUROSTAT. Nos cálculos foram considerados que 5% da água captada para fins industriais é o consumo real (água azul) e que a fração restante é o fluxo de retorno; para o setor de abastecimento de água doméstica assumiu uma porção de consumo de 10% e a parte do fluxo de retorno, que é colocada no meio ambiente sem tratamento prévio, foi tomada pegada hídrica cinza, assumindo um fator de diluição de 1.

Os resultados apontados pela mensuração da pegada hídrica da produção média global anual relacionada com a produção agrícola e industrial e o fornecimento de água doméstica, no período de 1996-2005, foi de $9,087 \times 10^9$ m³/ano (74% água verde – da chuva, 11% azul e 15% cinza), onde a produção agrícola teve maior participação, correspondendo a 92% da pegada hídrica mundial, a produção industrial contribui 4,4% do total e o abastecimento de água doméstica 3,6%.

O fluxo internacional de água virtual normalmente é calculado multiplicando-se, por mercadoria comercializada, o volume de comércio pela respectiva pegada hídrica média por tonelada de produto, na nação exportadora. Já a média da pegada hídrica do produto industrializado foi calculada, por país, dividindo-se o total da pegada hídrica nacional no setor industrial pelo valor de cada produto neste segmento.

Os resultados apontados pela mensuração do fluxo internacional de água virtual relacionada ao comércio de produtos agrícolas e industriais, no período 1996-2005, foi de $2,320 \times 10^9$ m³/ano, em média (68% verde, 13% azul e 19% cinza). Os principais exportadores de água virtual bruta, que juntos correspondem mais da metade da exportação da água virtual global são os Estados Unidos (314×10^9 m³/ano), China (143×10^9 m³/ano), Índia (125×10^9 m³/ano), Brasil (112×10^9 m³/ano), Argentina (98×10^9 m³/ano), Canadá (91×10^9 m³/ano), Austrália (89×10^9 m³/ano), Indonésia (72×10^9 m³/ano), França (65×10^9 m³/ano) e Alemanha (64×10^9 m³/ano). Os Estados Unidos, Paquistão, Índia, Austrália, Uzbequistão, China e Turquia se apresentaram como os maiores exportadores de água virtual azul.

A pegada hídrica do consumo nacional para mercadorias agrícolas, ainda no estudo de Hoekstra e Mekonnen (2012), foi calculada pela abordagem ‘de baixo para cima’, ou seja, de ‘insumo para produto’, avaliando por país de forma detalhada por categoria de consumo, multiplicando todos os produtos agrícolas consumidos pelos habitantes do país por suas respectivas pegadas hídricas de produto. Para as mercadorias industriais, a pegada hídrica é calculada pela abordagem ‘de cima para baixo’, ou seja, do ‘produto para o insumo’ que é soma da pegada hídrica dos processos industriais, mais a importação da água virtual relacionada com a importação de mercadorias industriais, menos a exportação de água virtual.

Os resultados apresentados no cálculo da pegada hídrica do consumo nacional, média global, foi de 1,385 m³/ano per capita ao longo do período 1996-2005. O consumo de produtos agrícolas em grande parte determina a pegada hídrica mundial relacionada ao consumo, contribuindo 92% para a pegada mundial e o consumo de produtos industriais e de uso doméstico de água contribuem 4,7% e 3,8%, respectivamente. Em categorias de produtos,

o consumo de cereais contribui a maior parte para a pegada de água mundial com 27%, em seguida a carne 22% e os produtos lácteos 7%.

Além das considerações a respeito da produção, do consumo e do fluxo internacional de água virtual, Hoekstra e Mekonnen (2012), evidenciaram que as pegadas hídricas externa das nações constituem 22% do total mundial da pegada hídrica, e que em alguns países da Europa, como a Itália, Alemanha, Reino Unido e Holanda, constituem 60 a 95% da sua pegada hídrica, enquanto em países como Etiópia, Índia, Nigéria, constituem 4% de sua pegada total.

Wiedmann (2009) e Miller e Blair (2009) apontam em estudos que o processo de globalização da água não se limita às questões de usos transfronteiriços, mas se estende ao comércio internacional de alimentos, papel, celulose, dentre outros, que implica nos fluxos internacionais de água virtual. Os autores utilizaram em suas metodologias a matrizes input-output (insumo-produto).

Empinotti e Jacobi (2013) apontaram no estudo realizado em uma empresa sul africana SABMiller novas práticas de governança da água. Esta empresa atende a 75 países distribuídos em todos os continentes, principalmente no continente africano, e é uma das principais fabricantes de cerveja do mundo. Em 2007, na fase de diagnóstico da PH, a empresa começou a discutir a questão da água sob o ponto de vista de disponibilidade a longo prazo, para cada uma das suas plantas industriais localizadas em várias partes do mundo. Em 2008 iniciou uma parceria com o Fundo Mundial para a Natureza – Reino Unido (WWF-UK – *World Wildlife Fund of United Kingdom*) estudando a PH no processo produtivo das plantas localizadas na República Checa e na África do Sul, buscando diminuir em 25% a quantidade de água utilizada na sua produção até 2015. Em 2009, parcerias com a WWF-UK e GIZ (*German Society for International Cooperation*), evidenciaram práticas que promovem o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, em conjunto com os atores locais, analisando a água não mais como um insumo de produção, mas como um indicador de responsabilidade ambiental.

Kluender (2013) evidenciou, no setor industrial de produção de aço dos Estados Unidos, que o uso da água na indústria se efetua por meio de três técnicas: do uso direto no processo de produção (técnica 1), da água utilizada para produzir a energia utilizada como insumo na execução do processo (técnica 2) e da água utilizada na fabricação dos insumos de processo (técnica 3). O objetivo do estudo foi calcular a pegada hídrica na indústria de aço, verificando os processos realizados individualmente na produção do aço desde a extração minério de ferro até a fabricação do aço bruto e considerando em cada processo a utilização das

três técnicas. A metodologia aplicada buscou avaliar em cada processo as três técnicas, percebendo que a água utilizada para fabricar um quilo de aço inclui 12,8 l pela técnica 1; 0,2790 l pela técnica 2; e 692,1 l pela técnica 3. O processo que foi responsável pela maior parcela do consumo de água foi a produção de coque (composto combustível de altos teores de carbono). Os resultados apontaram que o processamento de coque (técnica 3) usa 98% do total de água necessária e deve receber a maior atenção nos esforços para reduzir o uso da água na produção de aço, uma vez que a água na produção de coque é misturada com produtos químicos e precisa ser tratada antes de reutilizar, caso seja reutilizada em outros processos.

Herath et al. (2013) apontaram os impactos do uso da água através do ciclo de vida da produção da uva de vinho sobre os recursos hídricos em duas regiões da Nova Zelândia - Marlborough e Gisborne (representam 60% da produção de vinho na Nova Zelândia) – utilizando como objeto funcional o produto garrafa de vinho de 750 ml. Os dados utilizados na pesquisa foram colhidos de um levantamento dos viticultores e produtores de vinho, provenientes de 36 vinícolas que processam uvas das duas regiões. Para isso, trabalharam com o programa da entidade de Desenvolvimento Sustentável do Vinho na Nova Zelândia (SWNZ - *Sustainable Wine Growing New Zealand*), que é uma iniciativa de sustentabilidade dos produtores de vinho (indústria de viticultores) na Nova Zelândia que cobre 94% da área de vinha da Nova Zelândia e 90% de suas vinícolas (NZWA, 2011).

Na metodologia foram considerados o uso da água nos sistemas de produção agrícola (uvas) provenientes de ‘água azul’ - águas superficiais e/ou subterrâneas usada na irrigação e/ou outras aplicações diretas – e ‘água verde’ - água armazenada no solo perfil de umidade do solo – avaliando todas as entradas e saídas do sistema hidrológico, indicando que a ‘água azul’ teve impacto negativo em ambas as regiões, indicando direta proporção no plantio da uva crescendo, bem como no uso da terra e na produção industrial de vinho. Já a ‘água verde’ teve impacto insignificante em virtude do seu baixo armazenamento de umidade do solo em uma escala de tempo anual.

A maior parte das avaliações de impacto da pegada hídrica se dá no setor agrícola, que desempenha papel decisivo em relação ao *stress* hídrico global. Não somente este setor, mas seu impacto indireto sobre o setor industrial, bem como outros setores industriais que não utilizam insumos agrícolas, têm sido foco de estudos da pegada hídrica, a fim de evidenciar o uso e a poluição da água nos sistemas de produção. A partir dessa perspectiva hidrológica, a pegada hídrica através da avaliação do ciclo de vida (ACV) dos produtos, busca práticas de sustentabilidade ambiental com técnicas de mensuração cada vez mais sofisticadas para melhor gestão dos recursos hídricos, tais como: uso de diversos banco de dados e imagem de satélites

para cálculos de estimativas mundiais; inserção de programas de sustentabilidade com padrões internacionalmente aceitos, através de indicadores, dentre outras.

2.2.3 Modelos nacionais

Os estudos sobre a utilização da pegada hídrica no Brasil como mensurador do volume de água consumido na produção de bens e serviços e/ou consumidos pela humanidade, seja direta ou indiretamente, são muito recentes (por volta dos últimos anos – desde 2010).

De acordo com Da Silva et al. (2013) diversos resultados apontados na literatura indicam consenso de que a pegada hídrica é capaz de monitorar o impacto humano sobre o meio ambiente e é uma metodologia ampla - empregada em escalas que vão desde um único produto, um processo, setor, indivíduo, cidades e até nações. Os autores analisaram, na cidade de Caicó/RN, o comportamento da pegada hídrica nos consumidores vegetarianos e não vegetarianos com diferentes níveis de renda familiar. Os resultados indicaram que em média a PH do consumidor vegetariano representa 58% do consumidor não vegetariano e os consumidores não vegetarianos do sexo feminino têm 10 a 13% menor do que aquele do sexo masculino.

Zaffani et al. (2011) calcularam a pegada hídrica cinza para os parâmetros DBO, sólidos totais e fosfatos totais em três pontos monitorados na cidade de São Carlos e avaliaram o uso da pegada hídrica nas atividades desenvolvidas na bacia, segundo metodologia proposta por Hoekstra (2003), evidenciando que algumas das pegadas mensuradas foram maiores que a capacidade de assimilação dos rios, ou seja, que as práticas desenvolvidas na bacia são insustentáveis.

Palhares (2014) calculou a pegada hídrica dos suínos abatidos em Santa Catarina no período de 2001 a 2011 e avaliou o impacto de cinco estratégias nutricionais (T1 – ração convencional, T2 – ração com aminoácidos, T3 – ração com *ftase*, T4 – ração com minerais orgânicos e T5 – ração com as tecnologias (T2, T3 e T4) no valor das pegadas azul e cinza, de acordo com a metodologia de Chapagain e Hoekstra (2003), a partir de dados trimestrais publicados pelo IBGE por ano e macrorregião do estado. No cálculo da pegada azul foram considerados somente o uso direto da água na propriedade rural nos processos de: dessedentação dos animais, lavagem e limpeza das instalações e quantidade de água no produto – principais atividades relevantes no abatimento de suínos que utilizam água em suas execuções. Já no cálculo da pegada cinza foram utilizados a quantidade de dejetos suínos/ha e por ano e a concentração máxima legal permitida para o fósforo – elemento escolhido para

compor o cálculo da pegada por sua importância em processos de eutrofização dos corpos de água superficiais. Os resultados apontaram a soma das pegadas azul e cinza de 1.078 l/kg. No que tange à avaliação das estratégias nutricionais para cada litro de água utilizado foram gerados 179 kcal em T1, 200 kcal em T2, 193 kcal em T3, 200 kcal em T4 e 218 kcal em T5, onde a macrorregião Oeste apresentou maior pegada em determinado ano (75 a 77% da pegada total). Por fim, demonstraram que para mensurar a pegada hídrica dos suínos deve-se abordar toda a cadeia produtiva envolvendo não somente a unidade produtiva como as cadeias agrícolas que se relacionam com a mesma.

Souza et al. (2014) realizaram um estudo, na cidade de Fortaleza/CE, a fim de mensurar a pegada hídrica rápida e estendida em um grupo de consumidores pela metodologia criada por Hoekstra e difundida por WFN (*Water Footprint Network*) - disponível no site (www.waterfootprint.network.org). O trabalho comparou os resultados obtidos pela calculadora rápida e pela estendida, com 140 pessoas distribuídas em 55 bairros da cidade, apontando a média da PH_R (pegada hídrica rápida) variando entre 606.000,0 l/ano a 3.667.000,0 l/ano, com maior representação espacial em 20 bairros (consumo entre 801.000,0 l/ano a 1.600.000,0 l/ano); a média da PH_E (pegada hídrica estendida) variando entre 699.000,0 l/ano e 3.407.000,0 l/ano, mais representada em 26 bairros (consumo entre 1.601.000,0 l/ano a 2.400.000,0 l/ano) e que dos oito componentes resultantes das PHs, dois apontaram correlação positiva – os componentes ‘industrializados’ e ‘domésticos’.

Outros estudos mensuram a pegada hídrica em diversos produtos e/ou segmentos de negócios, porém não foi encontrado qualquer estudo que quantifique a pegada hídrica na construção civil imobiliária. O ramo de atividade da construção civil transforma Materiais e Mão de Obra, juntamente com a prestação de Serviços, em um só produto (por ex.: edifício) no qual estão inseridos diversos recursos naturais.

3. SETOR DE APLICAÇÃO

Atualmente, a indústria de construção civil está inserida no desenvolvimento de sistemas pré-fabricados dos processos de produção, transporte, montagem, inspeção e controle, criação de novos materiais e controle de consequências desses processos ao meio ambiente. Dentro deste contexto, discorrer sobre construção civil é tratar de sua interação com o uso dos recursos naturais.

3.1 Indústria de construção civil e o uso dos recursos naturais

Uma pesquisa desenvolvida pela Fundação de Pesquisa em Engenharia Civil (CERF - *Civil Engineering Research Foundation*) - entidade dedicada a promover a modernização da construção civil dos Estados Unidos - entre 1.500 construtores, projetistas e pesquisadores de todo o mundo (BERNSTEIN, 1996) visando detectar quais as tendências consideradas fundamentais para o setor, apontou a ‘questão ambiental’ como a segunda mais importante tendência para o futuro, perdendo somente para a ‘questão da informática’.

O resultado evidenciou que a cadeia produtiva da construção civil, apresenta importantes impactos ambientais e todas as etapas e qualquer sociedade seriamente preocupada colocam o aperfeiçoamento da construção civil pela utilização dos recursos naturais como prioridade. Em primeiro lugar, o enorme peso do macro complexo da construção civil na economia, onde é responsável por mais de 40 % formação bruta de capital (PAIC, 2011) e enorme massa de emprego fazem com que qualquer política abrangente deva necessariamente contemplar o setor. Em segundo lugar, o macro complexo da construção civil é um dos maiores consumidores de matérias primas naturais, estima-se que consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais utilizados pela sociedade (SJÖSTRÖM, 2001).

Desta forma, avaliar a demanda ambiental da construção civil faz-se necessário não somente contextualizá-la local, como nacional e globalmente em busca de minimizar o consumo desses recursos naturais de forma sustentável.

3.1.1 Indústria de construção civil no mundo

O setor de construção civil nas macrorregiões econômicas da Europa, América do Norte e Ásia refletem as tendências globais, regionais e nacionais. Este setor foi fortemente atingido pela crise de 2009 e atualmente pela situação econômica mundial, marcada pela recessão na ‘zona do euro’, impactando cada país ou região em diferentes contextos.

Na Europa, após um declínio de três anos e uma queda de 17%, no período de 2009 a 2011, estagnações de obras públicas e construções institucionais por conta das restrições de orçamento, afetaram a construção de instalações empresariais e industriais, bem como a persistência de disparidades entre os países europeus, sendo esses divididos em três grupos (COFACE, 2012):

- O primeiro grupo (Irlanda, Islândia, Espanha, Dinamarca, Holanda, Grécia e a Europa Central) com os países onde o setor de construção mais sofreu com a crise, cuja recuperação vai levar mais tempo, sendo os países mais afetados por excessos significativos em preços e fornecimentos, e grande número de incidentes de pagamento;
- O segundo grupo (Reino Unido, França, Bélgica e Itália) sofreu menos, e os negócios se recuperaram em 2010, apesar de ter ocorrido novo declínio devido à persistência de preços excessivamente altos. Incidentes de pagamento ainda são disseminados, particularmente no Reino Unido, onde o número de falências corporativas é o mais significativo. Na França, as empresas enfrentam forte concorrência para ganharem contratos e lutam para ganhá-los mesmo que isso signifique às vezes diminuir suas margens, enquanto têm que colocar na conta, preços elevados para materiais brutos. Houve menos falências no primeiro semestre de 2011 ao mesmo período de 2010, embora os números permaneçam muito acima dos níveis pré-crise; e
- O terceiro grupo (Alemanha, Áustria, Noruega, Suécia, Finlândia e Polônia) são países europeus onde a crise não afetou o setor de construção, apesar da existência de falências mais altas do que em outros setores, principalmente nas empresas cuja atividade é regional e que trabalham em apenas um setor.

Segundo Mello e Amorim (2009), a América do Norte, desde o final de 2009, mostrou recuperação na atividade do setor da construção residencial nos EUA, apesar de nova queda em 2010 e 2011, que também enfraqueceu a maioria dos subsetores – quadro de recessão. No Canadá, a recuperação começou no início de 2010, mas por conta das condições de restrição ao crédito estarem mais rigorosas, estima-se forte desaceleração no setor da construção civil (NAHB, 2014).

Na zona Ásia-Pacífico o setor de construção civil é relativamente flutuante. A Austrália, por conta das incertezas econômicas, a curto prazo, diminuiu o dinamismo em 2011, apesar de a médio e longo prazos as condições demográficas – ausência de desastres naturais -

favorecerem à retomada do crescimento desde 2012. A China, desde 2010, apresentou queda nas vendas, em virtude da política governamental de desaquecimento do mercado de propriedades, em particular por conta da restrição aos empréstimos bancários ao setor de construção civil. Não somente a queda nas vendas, mas os ajustes nos preços e o aumento nos níveis de estoque geraram queda, desde 2011, na atividade de segmento residencial privado, apesar de que em 2012 o cenário foi parcialmente compensado pelo lançamento do programa social de governo para construção de imóveis residenciais.

3.1.2 Indústria de construção civil no Brasil

Atualmente, o setor de construção civil cresceu, em 2013, 1,9% em relação a 2012, enquanto que o PIB brasileiro cresceu 2,3% (FIESP, 2014), mas a taxa de crescimento da construção em 2013, após três anos consecutivos, foi inferior à da economia como um todo. Sob ótica da demanda, registrou-se desempenho positivo do investimento (FBCF - Formação Bruta de Capital Fixo), com expansão anual de 6,3% em 2013, seguido pelo crescimento das exportações (alta de 2,5%), pelo consumo das famílias (2,3%) e pela despesa do consumo do governo (1,9%). De acordo com a Figura 13, os componentes de FBCF evidenciaram alta em 2013, quando comparado com 2012, e que o setor de construção civil respondeu por 41,8% dessa participação (Tabela 9).

Tabela 9 - Componentes da Formação Bruta de Capital Fixo: 2011-2013*

Especificação	2011		2012		2013	
	Variação em volume (%)	Participação (%)	Variação em volume (%)	Participação (%)	Variação em volume (%)	Participação (%)
Formação Bruta do Capital Fixo	4,7	100,0	-4,0	100,0	6,3	100,0
Construção	3,9	41,4	1,9	43,8	2,3	41,8
Máquinas e equipamentos	6,0	52,4	-9,0	49,7	10,2	51,8
Outros	-0,4	6,2	-0,7	6,5	3,0	6,4

Fonte: PAIC (2011) – * IBGE - dados calculados a partir das Contas Nacionais Trimestrais

De acordo com Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC, 2011), alguns fatores influenciaram positivamente o setor da construção civil, dentre eles: maior oferta de crédito imobiliário; aumento nos desembolsos destinados a obras de infraestrutura do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); crescimento do emprego e da renda familiar; incremento no consumo das famílias; e manutenção da desoneração do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de diversos insumos da construção civil.

Esse cenário, juntamente com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foram fundamentais para gerar dinamicidade e crescimento no setor da construção civil, através do aumento de investimentos em obras de infraestrutura e na construção de edificações residenciais.

Outro fator de grande importância, segundo dados do PAIC (2011), é o aumento do número de empresas ativas no setor, que quase duplicou de 2007 (52.870 empresas) para 2011 (92.732 empresas).

3.1.3 Indústria de construção civil no Estado do Ceará

A evolução do setor de construção civil no Estado do Ceará foi marcada, inicialmente, no período de 2004 para 2005, onde 2004 foi um ano atípico com o desempenho do setor bastante oscilatório em comparação a 2005 (SINDUSCON, 2005a). Nessa época os imóveis mais baratos possuíam um desempenho superior devido ao Programa de Arrendamento Residencial (PAR) – iniciativa do Governo Federal que contribuiu para o crescimento da construção de unidades de menor valor no Brasil. Naquele ano, foram assinados 11 contratos do PAR em Fortaleza, totalizando mais de R\$ 36 milhões destinados à construção de quase 1.500 habitações populares que possuíam renda mensal não superior a seis salários mínimos mensais.

O déficit habitacional no Estado do Ceará nesse período era de 302.434 moradias, representado em 92% por famílias com renda máxima de três salários mínimos mensais, com maior concentração na Região Metropolitana de Fortaleza (50%) e nos demais municípios os mais carentes eram Juazeiro do Norte, Sobral, Fortaleza, Iguatu e Camocim (SINDUSCON-CE, 2005b).

Em 2006, o mercado imobiliário viveu o melhor momento desde o Plano Real até aquela época (SINDUSCON-CE, 2006). O setor de construção civil, destaque em 2006 – com crescimento de 5% - foi beneficiado com o Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), com garantia de suspensão do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), do PIS e da COFINS na aquisição de máquinas e equipamentos, devido ao seu potencial de investimento na economia brasileira.

Este ano foi seguido por 2007, onde o setor de construção civil representou 7,2% do PIB brasileiro, se destacando como setor de maior crescimento em número de empregos (crescimento de 1,26% no estoque de empregos, o equivalente a mais de 17 mil novos postos de trabalho só em um mês). As ofertas se destacaram para os imóveis entre 71 e 100 m² e a

vendas (procura) se destacaram para os imóveis com área útil entre 40 e 55m² (SINDUSCON-CE, 2007).

As vendas de material de construção, em especial o material de acabamento, cresceram 3% em 2009 em relação a 2008, segundo a Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção (ANAMACO) (SINDUSCON-CE, 2009).

Em fevereiro de 2010, a construção civil foi o setor que mais empregou no Estado do Ceará. Ao todo foram criados 2.537 novos postos de trabalho com carteira assinada, ou seja, 44,5% dos 5.700 gerados no estado. O índice cearense foi o melhor resultado para o mês na série histórica do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) divulgado pelo Ministério do Trabalho, este resultado é o segundo melhor do Nordeste, atrás da Bahia, que gerou 6.088 novos empregos, e o 11º do Brasil (SINDUSCON-CE, 2010).

Segundo dados do IPECE (2010a), o bom desempenho da economia cearense nos últimos anos vem contribuindo para aumentar, de forma continuada, sua participação no PIB nacional, que passou de 1,89% em 2007 para 2,04% em 2010. Tal crescimento deveu-se ao setor de serviços (IPECE, 2010b), o que mais cresceu (50,6%) em 2002-2010, seguido da indústria (41,8%). Na indústria, o maior crescimento foi verificado para a produção e distribuição de energia e gás, água, esgoto e limpeza urbana (82,5%) e construção civil (57,2%).

Considerando o comportamento dos setores integrantes da indústria geral, os resultados são similares. Construção Civil e Energia, Água e Gás apresentaram resultados positivos para o valor adicionado na comparação entre o primeiro trimestre de 2011 e o mesmo período do ano anterior, com crescimentos de 7,1% e 1,8%, respectivamente (IPECE, 2011). Tais resultados, embora positivos, são em níveis menores do que os registrados em 2010.

Em 2013, a atividade de construção civil manteve um desempenho positivo em relação aos anos anteriores, segundo IPECE (2013), apresentando maior taxa de crescimento em todos os trimestres do ano.

Apesar do desempenho macroeconômico brasileiro não ser tão favorável, de acordo com o SINDUSCON-CE (2014), o Estado do Ceará no setor de construção civil cresceu, entre dezembro de 2008 e abril de 2014, de 98 mil para 149 mil trabalhadores, correspondendo a 9% do total dos postos de trabalhos na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) estão localizados na atividade imobiliária.

O mercado imobiliário da Região Metropolitana de Fortaleza, segundo previsão da CBIC (2014), deverá fechar este ano com valor geral de vendas de R\$ 4,2 bilhões, mesmo valor registrado em 2013 e que denota a estabilidade do setor da construção civil na capital.

Diante da relevância econômica que o setor de construção civil tem no desenvolvimento do país, torna-se indispensável que o mesmo se importe com os objetivos globais do desenvolvimento sustentável, uma vez que o mesmo consome diversos recursos naturais e, conseqüentemente, responde por grande geração de resíduos. Dentro deste contexto, faz-se necessário avaliar o setor de construção civil e seu uso dos recursos naturais.

3.1.4 Indústria de construção civil e os recursos naturais

Recursos naturais são elementos da natureza úteis ao homem no processo de desenvolvimento da civilização, sobrevivência e conforto da sociedade em geral. Podem ser renováveis como a energia do sol e do vento, potencialmente renováveis como a água, o solo e as árvores, e não renováveis como o petróleo e minérios em geral.

Na visão macro de Teitenberg (2003), a alocação dos recursos esgotáveis e renováveis é feita de forma eficiente quando um recurso esgotável, ao longo do tempo, não possui substituto renovável disponível. Dentro deste contexto, qualquer alocação eficiente deve utilizar exemplos numéricos para ilustrar o significado dessas condições, ao combinar um modelo de distribuição de recursos renováveis com o modelo básico de recursos esgotáveis caracterizando caminhos de extração eficiente para ambos os tipos de recursos, assumindo que eles são substitutos perfeitos.

Nos Estados Unidos o Instituto de Pesquisa Geológica (USGS – *United States the Geological Survey*) desenvolveu um sistema de classificação do estoque de recursos esgotáveis em três conceitos distintos: (1) as reservas atuais, (2) as reservas potenciais, e (3) dotação de recursos. Tal classificação é evidenciada em duas dimensões - uma econômica e uma geológica (Figura 9), onde o movimento de cima para baixo representa o movimento de recursos mais baratos extraíveis para aqueles extraídos a preços substancialmente mais elevados e o movimento da esquerda para a direita representa crescente incerteza geológica sobre o tamanho da base de recursos.

Figura 9 - Classificação dos recursos naturais segundo USGS

Dimensão Geológica		Total dos Recursos				
		Identificado			Desconhecido	
		Material mineral conhecido por evidências geológicas mensurado na engenharia			Material mineral não conhecido, de suposta existência com base em amplo conhecimento geológico e teórico	
		Evidenciam		Inferida	Hipotético	Especulativo
		Mensurado	Indicado			
		Medidos a partir de amostragem geológica, com menos de 20% de margem de erro	Medidos a partir de projeções geológicas e estimados em parte da amostra	Material mineral de extensões inexploradas	Material desconhecido, porém existe em algumas condições geológicas algum conhecimento	Material desconhecido em depósitos de ambientes geológicos favoráveis e em depósitos sem conhecimento
Dimensão Econômica		RESERVAS (reservas atuais)				
S u b e c o n ô m i c a	Paramarginal					
	Submarginal					

Fonte: Adaptada de Teitenberg (2003, p.129)

As reservas atuais (área sombreada na Figura 9) são definidas como recursos conhecidos que podem ser proveitosamente extraídos a preços correntes. A magnitude destas reservas atuais pode ser expressa como um número.

As reservas possíveis ou potenciais, por outro lado, são mais precisamente definida como uma função em vez de um número. O montante de reservas potencialmente disponíveis depende de quanto as pessoas estão dispostas a pagar por esses recursos - quanto maior o preço, maior o potencial de reservas.

Já a dotação de recursos representa a ocorrência natural de recursos na Terra. Como os preços não têm nada a ver com o tamanho da dotação do recurso, ele é geológico ao invés de econômico. Este conceito é importante porque ele representa um limite superior para a disponibilidade de recursos terrestres.

Alguns fatores como o esgotamento dos recursos naturais e o aumento populacional crescente contribuem a uma disputa acirrada pelos recursos naturais, dentre eles os recursos hídricos. Carvalho (2008) lembra que estes recursos naturais, antes encontrados livremente

disponíveis para se obter em determinadas regiões, atualmente recebem grandes investimentos financeiros tecnológicos para sua manutenção e extração.

Segundo Finestra (2007, *apud* KITAMURA, 2011), a construção civil é responsável pelo consumo de 15 a 50% dos recursos naturais extraídos, 66% de toda a madeira extraída, 40% e 16% da energia e água consumidas, respectivamente.

No Brasil, o consumo de agregados naturais somente na produção de concreto e argamassa é de 220 milhões de toneladas (BETAT, PEREIRA e VERNEY, 2009), o que já começa a provocar escassez ao redor dos grandes centros urbanos. A construção civil consome cerca de dois terços da madeira natural extraída e a maioria das florestas não é manejada adequadamente.

De acordo com os dados publicados pelo Balanço Energético Nacional (BEM) e pela Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios (PNAD), o maior consumo de recursos energéticos gerais provém da construção civil residencial, a saber: eletricidade, gás natural, gás liquefeito do petróleo (GLP), lenha, carvão e outros, medidos em toneladas equivalentes de petróleo.

Com relação aos bens minerais estes têm uma importância significativa para a sociedade, a tal ponto que as fases de evolução da humanidade são divididas em função dos tipos de minerais utilizados: idades da pedra, do bronze, do ferro, e outros. Nenhuma civilização pode prescindir do uso dos bens minerais, principalmente quando se fala em qualidade de vida, uma vez que as necessidades básicas do ser humano - alimentação, moradia e vestuário - são atendidas essencialmente por estes recursos.

No que tange ao recurso natural 'água', segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), o setor urbano é responsável por 26% do consumo de toda a água bruta do país, sendo a construção civil responsável por 16% de toda a água potável. O uso destes recursos não se restringe ao período de construção do empreendimento em um edifício residencial convencional, onde 70% de toda a água utilizada é decorrente do uso dos sanitários.

Segundo a empresa Mineropar (2013), uma pessoa consome direta ou indiretamente cerca de 10 toneladas/ano de produtos do reino mineral, abrangendo 350 espécies minerais distintas. A construção de uma residência é um exemplo desta diversidade (Quadro 3).

Quadro 3 - Componentes de insumos da construção civil - recursos naturais

Elemento construtivo	Substâncias minerais utilizadas
Tijolo	Argila
Bloco	Areia/brita/calcário
Fiação elétrica	Cobre/petróleo
Lâmpada	Quartzo/tungstênio/alumínio
Fundações de concreto	Areia/brita/calcário/ferro
Ferragens	Ferro/alumínio/cobre/zinco/níquel
Vidro	Areia/calcário/feldspato
Louça sanitária	Caulim/calcário/feldspato/talco
Azulejo	Caulim/calcário/feldspato/talco
Piso cerâmico	Argila/caulim/calcário/feldspato/talco
Isolante - Lã de vidro	Quartzo/feldspato
Isolante - Agregado	Mica
Pintura - Tinta	Calcário/talco/caulim/titânio/óxidos metálicos
Caixa de água	Calcário/argila/gipsita/amianto/petróleo
Impermeabilizante Betume	Folhelho pirobetuminoso/petróleo
Pias	Mármore/grantio/ferro/níquel/cobalto
Encanamento Metálico	Ferro ou cobre
Encanamento PVC	Petróleo/calcita
Forro de gesso	Gipsita
Esquadrias	Alumínio ou ligas de ferro manganês
Piso pedra	Ardósia/granito/mármore
Calha	Ligas de zinco-níquel-cobre ou fibro-amianto
Telha cerâmica	Argila
Telha fibro - amianto	Calcário/argila/gipsita/amianto
Pregos e parafusos	Ferro/níquel

Fonte: MINEROPAR (2013) – www.mineropar.pr.gov.br.

Nas construções civis habitacionais, são utilizados alguns minerais tais como: granito, basalto, xisto, mármore, calcário, areias e argilas. Os recursos minerais mais utilizados nos 25 elementos construtivos (Quadro 4) são: calcário (em 10 elementos), argila, ferro e feldspato (em seis elementos), caulim, petróleo e talco (em cinco elementos), areia, cobre, gipsita e níquel (em quatro elementos).

Percebe-se que a relação entre a indústria de construção civil e os recursos naturais é intensa e provoca grandes impactos ambientais. Na busca em minimizar esses impactos ambientais, surge o paradigma da construção sustentável definida como “um processo holístico

que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica” (MMA, 2014). Dentro desse contexto de construção sustentável, foi escolhido o objeto de estudo da presente pesquisa.

3.2 Caracterização do objeto de estudo

O setor de construção civil possui diversos desafios dentre eles a redução e otimização do consumo de materiais e energia, a redução de resíduos gerados, a preservação do ambiente natural e a melhoria da qualidade do ambiente construído.

As tendências atuais em relação ao tema construção sustentável caminham em duas direções: 1) resgate de materiais e tecnologias vernáculos com o uso da terra crua, da palha, da pedra, dentre outros materiais naturais e pouco processados a serem aplicados em ecovilas e comunidades alternativas, e 2) criação de ‘empreendimentos verdes’ com obtenção de certificações.

No âmbito das edificações são essenciais a adequação do projeto ao clima local, minimizando o consumo de energia e otimizando as condições de ventilação, iluminação e aquecimentos naturais; a previsão de requisitos de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida; atenção à orientação solar adequada; utilização de coberturas verdes; escolha de materiais de construção, buscando materiais disponíveis no local, evitando o uso intenso de transportes que geram a poluição do ar; uso de coletor solar térmico para aquecimento da águas; utilização de águas pluviais e dispositivos economizadores de água, dentre outras. Estas práticas são realizadas no decorrer da execução da obra, após a entrega da obra e no uso efetivo dos seus ocupantes, dando a conotação de que o empreendimento consuma tudo de forma sustentável

Dentro desse contexto, para definição do objeto de pesquisa, foi extraída do site da Cooperativa da Construção Civil do Ceará (COOPERCON) uma lista contendo 87 empresas construtoras e/ou incorporadoras filiadas e dentre elas escolhida uma empresa que implementa práticas de gestão ambiental em seus empreendimentos imobiliários, seguindo a tendência de criação de ‘empreendimentos verdes’. Na empresa escolhida, identificou-se um empreendimento imobiliário (objeto do estudo) que atende às características de construção sustentável, dentre outras características relacionadas a seguir:

- Primeira empresa brasileira que recebeu a pré-certificação no LEED, na categoria *Core and Shell*, pelo USGBC, nível Prata, para o empreendimento objeto deste estudo. Certificação com o selo LEED, que classifica a construção

como um empreendimento sustentável, buscando adotar práticas na construção civil reduzindo o impacto ambiental ao adotar materiais e sistemas mais eficientes;

- A empresa possui em seu escopo corporativo o ‘Compromisso Verde’, onde para cada m² construído é plantada uma árvore em local público da cidade, a fim de compensar as emissões de gases poluentes e de aumentar a cobertura vegetal da cidade;
- Alguns materiais utilizados no empreendimento foram de conteúdo reciclado, tais como aço, alumínio, vidro, mobiliário, portas de madeira e porcelanatos, certificando a utilização de mais de 50% de reciclagem de matéria-prima nos processos de fabricação dos respectivos fornecedores;
- O empreendimento estudado é o primeiro residencial do país a obter a Etiqueta PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) - referente à eficiência energética do empreendimento - Nível “A” para as áreas comuns, certificada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). As áreas comuns que vão refletir positivamente no cotidiano de todos os moradores, como: exaustão mecânica automatizada das garagens com detecção de monóxido de carbono; elevadores sem engrenagem (economia de energia de até 30% em comparação com modelos convencionais); lâmpadas com Selo Procel, sensores de presença e fotocélulas; equipamentos e eletrodomésticos com Selo Procel Nível A; motores e bombas de alta eficiência energética; uso de energias renováveis (fotovoltaica e eólica), com geração de pelo menos 1% do consumo anual de energia do empreendimento; redução do consumo de água pelo uso de produtos com baixo consumo (chuveiros e torneiras com aeradores, sensores infravermelhos ou de pressão, sanitários com duplo acionamento e mictórios a vácuo); aproveitamento de águas pluviais e sistema automatizado de irrigação; utilização de plantas regionais mais resistentes ao clima local e que possuem baixo consumo de água;
- O empreendimento foi construído em 36 meses (período de 01/2011 a 12/2013);
- Área do terreno: 18.500 m²;
- Quantidade de pavimentos: 23 tipo, mezanino e térreo;
- Quantidade de apartamentos: 66 apartamentos distribuídos em 23 pavimentos, sendo três apartamentos/andar, incluindo as três coberturas duplex;

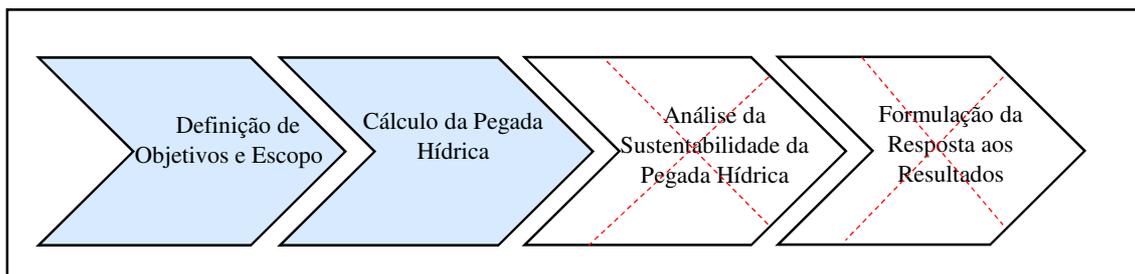
- Quantidade vagas garagem: 201;
- Área privativa: 151,14m² (dois apartamentos por andar), 167,12m² (um apartamento por andar);
- Localização: bairro Dionísio Torres – Fortaleza/CE;
- Opções de lazer: home theater, piscina, fitness, salão de festas, playground, quadra poliesportiva.

4. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A estratégia metodológica compreende o tipo de metodologia escolhida, esclarecendo seu detalhamento completo, bem como os cortes parciais realizados para aplicação dessa técnica na presente pesquisa.

O método da Pegada Hídrica consiste em várias fases que vão desde a definição dos objetivos e escopo, passando pela contabilização, posteriormente pela análise contextualizada de sua sustentabilidade e, por fim, por possíveis formulações de respostas aos resultados. A presente pesquisa envolve parcialmente a metodologia definida por Hoekstra et al. (2011), sendo esta composta por: fases de Diagnóstico (Definição de Objetivos e Escopo) e Contabilização (Cálculo da Pegada Hídrica) do uso da água azul (Figura 10), deixando para estudos posteriores as fases de Avaliação da Sustentabilidade do Uso da Água (Análise da Sustentabilidade da PH) no contexto da construção civil e a fase de Formulação da Resposta aos Resultados (fase de recomendação de ações ao uso mais eficiente dos recursos hídricos).

Figura 10 - Fases de execução da pegada hídrica neste estudo



Fonte: Adaptada de Hoekstra et al. (2011).

A estratégia metodológica integralmente desenvolvida por Hoekstra et al. (2011) abrange as quatro fases evidenciadas na Figura 10, porém para obtenção do cálculo da pegada hídrica faz-se necessário a aplicação somente até a segunda fase (Cálculo da Pegada Hídrica). A proposta do presente estudo está focada em mensurar a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária, desta forma faz-se necessário o desenvolvimento da pesquisa nas primeira e segunda fases, sendo esta última de forma parcial, evidenciando o volume de água que é incorporado ao produto.

Na primeira fase (Definição de Objetivos e Escopo), foram abordados dois questionamentos, a fim de definir o objetivo da pesquisa (A) e cinco questionamentos, a fim de definir o escopo da contabilização da pegada hídrica (B), seguindo a base teórica de Hoekstra et al. (2011):

A) **Questionamento 1** - Qual produto será considerado? Em resposta a este questionamento, o produto a ser considerado é um edifício residencial (atividade de construção civil imobiliária).

Questionamento 2 – Qual escala será considerada a PH desse produto? A resposta a este questionamento é um empreendimento imobiliário de uma empresa (construtora) localizada em Fortaleza/CE/Brasil.

B) **Questionamento 1** – Qual(ais) componente(s) da PH (azul, verde e/ou cinza) será(ão) considerado(s)? A resposta a este questionamento é o componente azul, de forma parcial. O componente azul abordado neste estudo é somente a água incorporada aos processos que envolvem a mão de obra, os materiais e os serviços utilizados na construção civil do empreendimento imobiliário, não sendo mensurada a quantidade de água que se evapora durante o armazenamento, o transporte, o processamento e a disposição residual da mesma e nem tão pouco a vazão de retorno perdida – que corresponde a quantidade de água que não retorna à mesma bacia ou que retorna em período distinto ao que fora retirada a água.

Cada componente da pegada hídrica azul do processo pode ser mensurado, direta ou indiretamente. Dentro da mensuração da ‘água azul’ a quantidade de água adicionada (incorporada) ao produto é normalmente sabida, porém a quantidade de água que evapora durante o armazenamento (por ex.: reservatórios artificiais), o transporte (por ex.: canais abertos), o processamento (por ex.: água aquecida não recoletada) e a disposição (por ex: canais de drenagem e estações de tratamento de esgotos), geralmente não é medida, mas pode ser calculada a partir da diferença entre a captação e os volumes de descarte final, onde esses dados são obtidos em banco de dados que contêm valores de captação, mas não de uso consuntivo. Além disto, essas bases de dados fornecem dados do uso da água por setor industrial e não por processo manufatureiro, nos EUA (GLEICK, 1993 e VAN DER LEEDEN; TROISE; TODD, 1990), fatores de limitação do uso completo da PH azul. As bases de dados privada (tipo ECOINVENT) fornecem, também, dados de captação de água e não sobre o uso consuntivo da água. Os próprios fabricantes e organizações regionais ou globais dos setores são as melhores fontes de dados. No que tange à vazão de retorno perdida, esta não está inclusa na PH azul em

virtude da mensuração não ser identificada em perdas por vazamento, por encanamentos clandestino e em perdas nos processos de produção.

Questionamento 2 – Onde truncar a análise retroativa ao longo da cadeia produtiva? Em resposta a este questionamento buscou-se incluir a PH de todos os processos dentro de um sistema de produção (árvore de produção) que contribuíram significativamente para a PH total. Como definir o que seria ‘significativo’ é algo subjetivo e arbitrário sob a ótica do pesquisador, devem ser analisados todos os itens da Curva ABC de Insumos e de Serviços objetivando rastreá-los no máximo até ao nível do fornecedor (fabricante) mais próximo da cadeia de produção do empreendimento imobiliário. Por causa da amplitude e interminável variedade de insumos e serviços utilizados em cada etapa do processo de produção do presente estudo o truncamento da análise deve ser feito na Mão de Obra dos trabalhadores, nos Materiais utilizados e nos Serviços executados no empreendimento (detalhamento na subseção 4.2 deste estudo).

Questionamento 3 – Qual o nível de resolução espaço-temporal? Em resposta a este questionamento, o nível de resolução espaço-temporal a ser utilizado é o ‘nível C’, onde as contabilizações da PH são geográfica e temporalmente explícitas, baseadas em dados precisos sobre os insumos usados e as fontes de informação detalhadas desses insumos, através dos fornecedores de cada insumo. A resolução espacial mínima é no nível de bacias hídricas na região ligadas à bacia metropolitana (100 a 1.000 km²) - bacias hídricas de Pacajus, Pacoti, Riachão e outras interligadas ao rio Jaguaribe para complemento da demanda hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), através do Canal do Trabalhador e do Eixo de Integração - e a resolução mínima temporal não foi mapeada em tempo real, nem de forma mensal ou diária, como orientam Hoekstra et al. (2011). Os ‘níveis A e B’ são respectivamente, o mais baixo de detalhe da PH avaliado com base nos dados de PH média global a partir de banco de dados disponível (resolução espaço) anualmente (resolução temporal) e o avaliado com base na média nacional ou regional ou em dados de PH de bacias hidrográficas específicas a partir de banco de dados geográfico disponível (resolução espacial) de médias mensais de vários anos (resolução temporal). Tanto o ‘nível A’, quanto o ‘nível B’, não devem ser abordados no presente estudo, pois objetivam identificar produtos e ingredientes que

contribuem de forma significativa para a pegada hídrica total (nível B) e, parcialmente o ‘nível C’ ao dar uma base para identificar as áreas críticas em bacias hidrográficas locais, a fim de tomar decisões nas questões relativas à alocação da água.

Questionamento 4 – De que período são os dados? Em resposta a este questionamento, o período de dados utilizado é de janeiro/2011 a dezembro/2013. Esta análise é importante para evidenciar a PH em anos secos ou úmidos o que conseqüentemente influencia na disponibilidade e na demanda de água ao longo dos anos.

Questionamento 5 – Foram consideradas as PHs direta e/ou indireta do produto? Em resposta a este questionamento, a proposta do estudo está focada em abordar tanto a PH direta quanto indireta, avaliando não somente as próprias operações da construtora (PH direta), bem como a contribuição dos fornecedores nos materiais fornecidos e dos prestadores de serviços na cadeia produtiva (PH indireta) – esta última, normalmente muito maior que a primeira, deve ser analisada para evitar investimentos em melhorias no uso operacional da água pela empresa, enquanto investimentos em aperfeiçoamentos na cadeia produtiva poderiam ser mais custo-efetivos.

Na primeira fase, os processos e etapas relevantes são mapeados para posterior mensuração da PH. A partir desses processos (atividades expressas no Diagrama de *Gantt*) são identificados os serviços (etapas) que envolvem água em suas execuções formulando, assim, toda a cadeia produtiva (árvore do produto).

A questão mais importante na primeira fase é o tipo de detalhe que se busca. Dentro dessa proposta, o presente estudo busca utilizar um critério metodológico para mensuração do consumo de água em um empreendimento imobiliário, com vistas a obter maior planejamento e controle dos recursos hídricos necessários para execução desse tipo de atividade.

A segunda fase (Cálculo da Pegada Hídrica) é considerada a mais relevante para todas as aplicações da PH. Nela é quantificada e localizada a PH de um processo, produto, produtor, consumidor ou uma área geográfica nas três nomenclaturas utilizadas para classificar a composição da PH (água azul, verde e cinza). Para a presente pesquisa, a proposta é mensurar somente a parte incorporada aos Insumos utilizados, aos Serviços executados e aos hábitos de uso/consumo de água da Mão de Obra (operários da administração e da execução da obra) em relação ao componente ‘azul’.

As terceira (Análise da Sustentabilidade da Pegada Hídrica) e quarta (Formulação de Resposta aos Resultados) fases não serão abordadas no presente estudo.

Na terceira fase - avaliação da sustentabilidade ambiental, social e econômica da PH -, a questão primária é se será utilizada uma perspectiva geográfica ou uma perspectiva de um processo, produto, consumidor ou produtor. Neste estudo será utilizada a perspectiva de um produto enfocando, sob o ponto de vista da contribuição da pegada hídrica individual desse produto em relação a um panorama micro - a questão da contribuição da pegada hídrica do produto específico em um determinado local – e não da pegada hídrica deste produto de forma global (macro). Esta contribuição específica é importante uma vez que as fontes de água doce do mundo são limitadas refletindo uma preocupação com qualquer contribuição além da necessidade máxima razoável.

Desta forma, a avaliação da sustentabilidade da PH em um produto deve ser planejada de acordo com os objetivos de avaliação, segundo Hoekstra et al. (2011): i) se a pegada hídrica contribui desnecessariamente para a pegada hídrica global da humanidade e ii) se a pegada hídrica contribui para pontos críticos específicos. No primeiro objetivo, comprando separadamente a PH do produto com um valor de referência global, caso a referência já exista, seja suficiente, porém tal referência atualmente não existe no segmento de construção civil. No segundo objetivo, verificando a contribuição da PH do produto de construção civil imobiliária para pontos críticos específicos, pode ser feito ao verificar cada componente da PH e se ele está localizado em um ponto crítico ou não. Esta análise necessita de uma base de dados global de pontos críticos no nível de detalhe espacial e temporal demandado, a qual também não existe atualmente.

A avaliação da sustentabilidade da PH de um produto, em resumo, depende da sustentabilidade das pegadas hídricas das diversas etapas do processo, onde cada etapa do processo ocorre em uma ou mais bacias hidrográficas, geralmente em um período específico do ano. Então, a pegada hídrica global de um produto consiste de muitos componentes separados, cada um referente a um processo específico, ocorrendo em um período específico do ano em uma determinada bacia, ou seja, sua análise depende de saber ‘quantos % da pegada hídrica do produto é insustentável’ desenvolvendo valores de referência global para esse produto. Analisando esta base conceitual da terceira fase, percebe-se que por falta de dados oportunos, não se pode avaliar a sustentabilidade da PH do empreendimento imobiliário em estudo por alguns dos motivos abaixo expostos:

- Não identificação antecipada da(s) bacia(s) onde estão localizados os processos;

- Falta de dados da PH total na(s) bacia(s) onde os processos ocorrem, separadamente, e no período em que ocorreram (período da obra: jan/2011 a dez/2013);
- Não identificação dos pontos críticos das bacias;
- A avaliação da sustentabilidade dos processos individuais é possível parcialmente pelo cálculo da PH por processo, mas por falta de mapeamento dos pontos críticos (situação geográfica de insustentabilidade) não pode ser realizada;
- Não se pode avaliar a sustentabilidade da PH de um produto sem conhecer a sustentabilidade dos processos envolvidos; e
- Ausência de segregação das pegadas hídricas azul, verde e cinza do produto para cada etapa dos processos.

Em síntese, a sustentabilidade da pegada hídrica de um produto depende dos contextos geográficos onde os diversos componentes da pegada hídrica de um produto estão localizados e do nível global (referência global) para fins de comparação se esse produto tem uma pegada hídrica máxima aceitável, dados esses indisponíveis para o presente estudo.

Com relação à quarta fase (Formulação de Resposta aos Resultados) depende do tipo de pegada hídrica que está sendo avaliado. Na definição desta fase deve ser identificado claramente ‘quem será o responsável pela resposta’, além de identificar nas medidas de resposta às perspectivas que cada um irá usar. Este assunto é recente em pesquisas, bem como nos diversos segmentos de atividades, dentre eles a atividade de construção civil imobiliária. Para tamanha abrangência é necessário discussões com os diversos atores envolvidos, tais como sindicatos, associações, governos, ministérios e empresas do segmento de negócio. Diante de tais evidências não será aplicada esta fase ao presente estudo, uma vez que a mensuração da pegada hídrica no setor de construção civil é pioneiro neste trabalho e ainda passará por diversas etapas de aprimoramento e melhorias.

Em sequência às justificativas dadas ao uso da metodologia de Hoekstra et al. (2011), somente, à primeira (Definição de Objetivos e Escopo) e à segunda fase (Contabilização da Pegada Hídrica) seguem sete etapas que serão objeto de aplicabilidade da presente pesquisa distribuídas da seguinte forma (ver item 1.4 - Escopo do presente estudo):

- Primeira etapa (vinculada ao primeiro objetivo específico): identificação dos indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados na construção civil – dentro da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) – para fins de verificação da existência

ou não da pegada hídrica em algum desses indicadores, bem como da relação desses com a água;

- Segunda etapa (vinculada ao segundo objetivo específico): mapeamento dos processos e fases relevantes para mensuração da pegada hídrica, identificando como o produto é gerado no sistema de produção (árvore do produto) e limitando essas fases interligadas ao processo de esquematização do sistema de produção, especificando-as no tempo e no espaço, ou seja, rastreando a origem do fornecimento dos insumos pelos fabricantes localizado no Brasil – limitação de espaço da pesquisa;
- Terceira etapa (vinculada ao quarto objetivo específico): levantamento da Curva ABC de Insumos utilizada na obra para identificação e divisão dos itens em Mão de Obra, Materiais, Serviços e Equipamentos, classificando-os em fabricação própria (P) e/ou de terceiros (T), em ordem decrescente de peso econômico (% de relevância financeira). Após esta divisão, serão identificados na categoria Insumos, através da caracterização de cada item, os que podem ter componente hídrico (água) no seu processo de fabricação ou produção e que, posteriormente, serão objeto de consulta da PH juntos aos seus respectivos fornecedores e fabricantes – PH indireta dos materiais – através do envio de ‘carta padrão’ (Apêndice A). Esta carta deverá ser respondida pelos fornecedores e/ou fabricantes ratificando ou retificando a existência de componente hídrico no insumo fornecido;
- Quarta etapa (vinculada aos terceiro objetivo específico): aplicação do questionário semiestruturado contendo 52 questões, juntamente com os operários e o pessoal da administração da obra, a fim de obter nos hábitos de consumo da água dos mesmos, dentro e fora da obra (PH direta e indireta da mão de obra). Tais hábitos serão mapeados pela arguição *in loco* com a amostra representativa de 90 trabalhadores da população média de 111 trabalhadores, sendo observado que o máximo de trabalhadores existente no período de pico da obra foram 193 operários;
- Quinta etapa (vinculada ao quarto objetivo específico): verificação na Curva ABC de Serviços dos mesmos procedimentos realizados na Curva ABC de Insumos no que tange à identificação da PH nos Serviços, acrescentando o rateio dos insumos por tipo de serviço para os que utilizam o mesmo insumo, bem

como a composição do componente hídrico através do fator A/C (fator Água/Cimento) para cada tipo de serviço executado que utiliza água em sua execução;

- Sexta etapa (vinculada ao quarto objetivo específico): cálculo da PH da Mão de Obra, dos Insumos e dos Serviços que compõem a execução da obra imobiliária, com utilização de água, seja direta e indiretamente; e
- Sétima etapa (vinculada ao quarto objetivo específico): diagnóstico dos resultados obtidos por componente hídrico e por unidade produzida, envolvendo o detalhamento de Mão de Obra, dos Insumos e dos Serviços.

As principais características do detalhamento metodológico, desenvolvido por Hoekstra et al. (2011), para o cálculo da pegada hídrica foram elencadas na Tabela 10, comparando-as às características utilizadas no presente estudo:

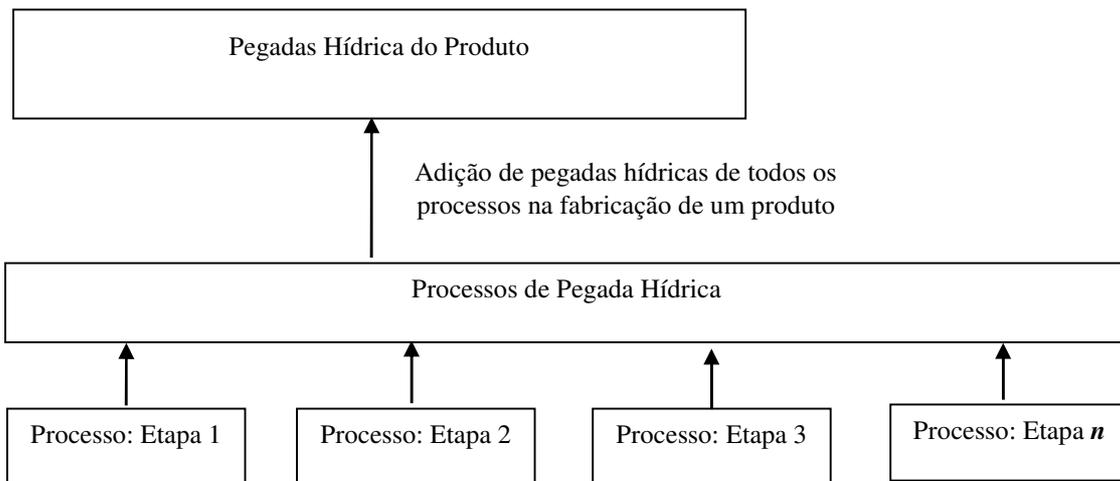
Tabela 10 - Metodologia de cálculo da pegada hídrica: Hoekstra et al. (2011) *versus* estudo na construção civil imobiliária

Características da metodologia de cálculo da pegada hídrica		
Seq.	Hoekstra et al. (2011)	Presente estudo na construção civil imobiliária
1	Alcance das quatro fases propostas (Figura 4): - Definição de objetivos e escopo; - Cálculo da pegada hídrica; - Análise da sustentabilidade da pegada hídrica; - Formulação da resposta aos resultados.	Alcance de duas fases propostas (Figura 10): - Definição de objetivos e escopo, e - Cálculo da pegada hídrica.
2	Tipos de pegada hídrica (Figura 6): - de processo; - de produtos; - de produtor (ou grupo de produtores), consumidor (ou grupo de consumidores) ou área delimitada geograficamente.	Tipo de pegada hídrica utilizada (Figura 11): - de processo; - de produto construção civil: imóvel residencial.
3	Componentes da pegada hídrica: - PH azul; - PH verde; e - PH cinza	Componentes da pegada hídrica utilizados: - PH azul (parcialmente)
4	Alternativas de cálculo da PH (Figuras 7 e 8): - Abordagem da Σ das cadeias (Figura 7); - Método sequencial cumulativo (Figura 8).	Alternativa de cálculo da PH utilizada: - Abordagem da Σ das cadeias
5	Composição da PH de um consumidor: - PH direta; - PH indireta.	Composição da PH da MO utilizada na construção civil (tipo de consumidor): - PH direta; - PH indireta.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Dentre as características metodológicas demonstradas na Tabela 10, a primeira característica evidencia que das quatro fases de avaliação da pegada hídrica proposta pela metodologia de Hoekstra et al. (2011), são necessárias somente as duas primeiras fases (Figura 10). Na segunda característica (Tabela 10), serão utilizados a PH de processos e a PH do produto (Figura 11).

Figura 11 - Pegadas hídricas de processos para mensuração da pegada hídrica na construção civil imobiliária



Fonte: Adaptada de Hoekstra et al. (2011)

Todos os processos são evidenciados no Diagrama de *Gantt* demonstrando etapas que envolvem diversas atividades da construção civil imobiliária. Estas atividades são compostas por Mão de Obra, Insumos e Serviços a fim de promover a fabricação do produto (imóvel residencial), ou seja, a pegada hídrica do produto.

Na terceira característica metodológica (Tabela 10) a pegada hídrica é composta por água ‘azul’, ‘verde’ e ‘cinza’, mas no presente estudo será utilizado somente o componente ‘azul’, em virtude da falta de dados dos demais componentes (verde e cinza). A aplicação da metodologia de forma parcial para o componente ‘azul’ dar-se-á por ausência de dados de coleta, tais como: quantitativo de água que evapora durante o processo de armazenamento, transporte, processamento e disposição (coleta e lançamento) e do quantitativo de água que não retorna para a mesma bacia ou que retorna em período distinto ao que fora retirada.

Na quarta característica metodológica (Tabela 10), dentre as duas alternativas propostas por Hoekstra et al. (2011), a Abordagem da Soma das Cadeias é a melhor alternativa para uso na mensuração da pegada hídrica neste estudo, uma vez que somam-se todas as pegadas hídricas dos diversos processos na construção civil para a fabricação de um produto

(edifício residencial) e posteriormente faz-se o rateio proporcional a cada unidade produzida (fração correspondente a cada unidade imobiliária ou apartamento) ou apura-se o montante da pegada hídrica por m² construído. O Método Sequencial Cumulativo não se aplica ao presente estudo uma vez que sua forma de calcular a pegada hídrica de um produto é genérica e não processo a processo (método que melhor se adequa ao presente estudo), pois o mesmo utiliza o somatório da pegada hídrica dos insumos que foram necessários na última etapa do processo à pegada hídrica deste último processo e desta forma obter a pegada hídrica do produto.

A quinta característica metodológica, segundo Hoekstra et al. (2011), é somente uma classificação do valor mensurado da pegada hídrica em componente Direto e Indireto, onde o Direto refere-se ao volume de água utilizado e/ou consumido pelo consumidor em seus hábitos diários, e o Indireto é o volume de água inserido diretamente na fabricação dos serviços e produtos utilizados e/ou consumidos pelo consumidor. A aplicação desta classificação no presente estudo far-se-á na Mão de Obra dos trabalhadores utilizados no canteiro de obras (da construção civil imobiliária) e no que tange aos Materiais e Serviços, respectivamente consumidos e executados no canteiro de obras, será mensurada a PH Indireta para os Materiais e a PH Direta para os Serviços.

5. METODOLOGIA DE CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA

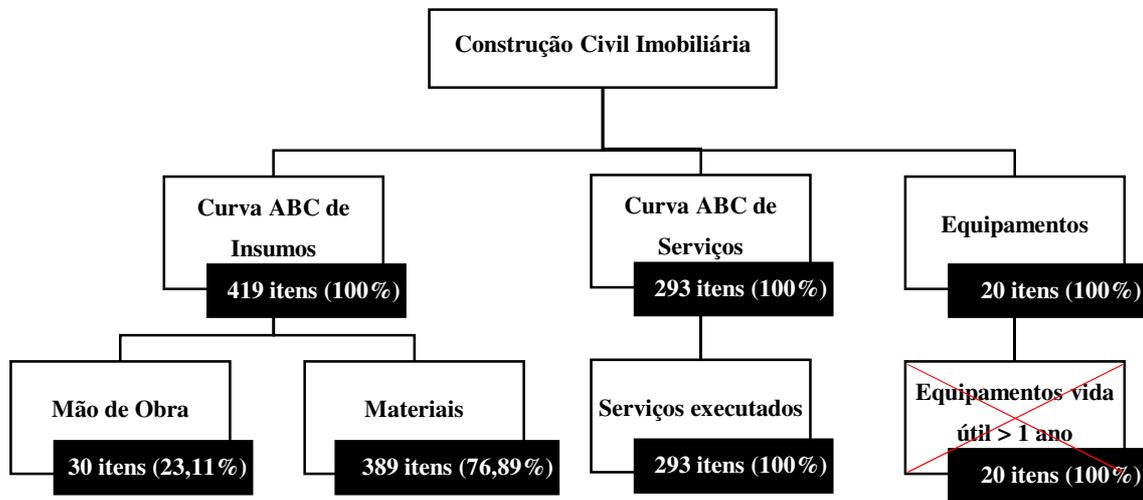
Dentro da metodologia proposta por Hoekstra et al. (2011) foram verificadas limitações que justificam a aplicação parcial da ‘pegada hídrica azul’ neste estudo. Estas limitações outrora apresentadas evidenciaram, principalmente, que nem o setor de construção civil, nem seus processos manufatureiros estão mencionados nas bases de dados mundiais de informações sobre o uso consuntivo da água; que os dados atualmente existentes são relativos aos Estados Unidos (GLEICK, 1993, VAN DER LEEDEN; TROISE; TODD, 1990); que somente a parte da água incorporada – na nomenclatura ‘água azul’ – será abordada, por ausência de medições da água evaporada durante o processo de armazenamento, transporte, processamento e disposição residual da mesma, bem como da medição da água de vazão de retorno perdida. Dessa forma, para aplicar referida metodologia, foi realizado um estudo preliminar sobre suas características para posterior coleta e operacionalização dos dados.

5.1 Detalhamento metodológico na construção civil imobiliária

O presente estudo, de natureza descritiva, realiza um estudo dos fatos na atividade de construção civil, a fim de observar, registrar e analisar as atividades dos trabalhadores da construção civil, dos materiais utilizados e dos serviços executados na obra, sem interferência do pesquisador. Busca-se descobrir a frequência com que o fenômeno acontece e como funcionam os processos operacionais analisando as características e variáveis que se relacionam com esses processos, em um estudo de caso tendo por objeto investigatório um empreendimento imobiliário residencial, com obtenção da maioria dos dados de forma primária.

A atividade de construção civil é basicamente composta, segundo a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO) em Engenharia Civil, Construção e Arquitetura (PINI, 2010), por Insumos que representam os materiais, a mão de obra e os equipamentos utilizados. No empreendimento estudado esta composição está disposta em Curva ABC de Insumos, Curva ABC de Serviços e Equipamentos, onde a Curva ABC de Insumos é composta por materiais, mão de obra (própria) e algumas ferramentas; a Curva ABC de Serviços pelos serviços que são executados na obra, com mão de obra própria ou de terceiros, e os Equipamentos pelo imobilizado utilizado na obra com vida útil superior a um ano.

Figura 12 - Composição dos quatro grupos básicos na atividade de construção civil imobiliária



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os itens estudados foram divididos em quatro grupos (Mão de Obra, Materiais, Serviços e Equipamentos) de acordo com a Figura 12, onde a Curva ABC de Insumos (419 itens) foi distribuída em Mão de Obra (30 itens) e Materiais (389 itens), sendo os 30 itens da Mão de Obra (23,11% da Curva ABC de Insumos) analisados por uma metodologia elaborada separadamente, para mensuração do volume de água consumido nos hábitos dos trabalhadores dentro e fora da obra.

A Curva ABC de Serviços (293 itens) foi analisada detalhadamente tanto os serviços executados pelos operários do empreendimento, como os serviços executados pelos terceirizados. Independentemente dessa classificação (próprios ou terceiros), foi identificado em 92 dos 293 itens (100% da Curva ABC de Serviços) a utilização de água (componente hídrico) na realização de seus serviços.

O grupo Equipamentos (Tabela 11) foi eliminado da análise por falta de identificação dos revendedores (fornecedores) e fabricantes que produziram esses equipamentos, uma vez que são itens que contribuem para a formação de mais de um empreendimento por terem a vida útil superior a um ano (de longo prazo). Em estudos futuros pode-se levantar, antecipadamente, o período de aquisição, o tempo de vida útil e o montante da depreciação proporcional para apropriação da água utilizada na produção desses bens que são passíveis de confirmação ou não da existência deste insumo (água) em seus processos de fabricação.

Tabela 11 - Equipamentos utilizados no empreendimento sem mensuração de PH

Equipamento	Quant	Equipamento	Quant
Automóvel F14000	01	Andaimes (peças)	20
Automóvel L200	01	Betoneira 580 litros	02
Compactador Pula Pula	01	Lixadeira	10
Guincho coluna	04	Furadeira	10
Dumper	01	Máquina de cortar cerâmica	01
Balança elétrica	02	Máquina de cortar ferro	01
Jaús	15	Computador	03
Grua (30m – 1.000kg)	01	Impressora A4	02
Compressor/pulmões	01	Impressora A3	01
Elevador cremalheira	01	Fax	01

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os 20 itens (Tabela 11) que compõem o grupo Equipamentos devem ser objeto de estudos posteriores, seguindo os seguintes passos: obter junto a empresa estudada os dados de compra (nota fiscal, data de aquisição, tempo de vida útil e tempo de uso dos equipamentos no empreendimento); verificar com o fabricante do equipamento, na época de sua produção, se nesta houve componente hídrico e qual o volume; identificar se o equipamento é novo ou usado para fins de apropriação do encargo de depreciação; e apropriar o componente hídrico proporcional ao percentual de depreciação do mesmo à obra analisada. Percebe-se que o principal fator de limitação para essa análise é a falta de rastreamento da origem dos itens à época de aquisição dos mesmos.

Os procedimentos metodológicos para obtenção dos dados conceituam a presente pesquisa em um estudo caso único verificando *in loco* os fenômenos a serem pesquisados, com enquadramento também de tipologias bibliográfica, documental e de campo, onde:

- Na pesquisa bibliográfica foi realizada a base de sustentação conceitual, teórica e metodológica acerca de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Pegada Hídrica (PH) em livros e artigos científicos;
- Na pesquisa documental foram levantadas informações junto à empresa estudada, bem como utilização de parte dessas informações para obtenção de outras junto aos seus fornecedores, além de consulta em arquivos públicos de indicadores econômicos (IPECE, IBGE, COOPERCON, SINDUSCON, FIESP, dentre outros); e
- Na pesquisa de campo foi aplicado um questionário semiestruturado com os trabalhadores da obra, realizando entrevistas com os fornecedores de

alimentação aos trabalhadores, além de mensurações das vazões volumétricas dos acessórios (chuveiro, torneira, descarga e bebedouro) que utilizam água dentro da obra (Figura 13).

Figura 13 - Pesquisa de campo - aplicação do questionário com os trabalhadores



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

O universo da população-alvo de investigação é variável entre 30 e 193 trabalhadores mensais, durante os 36 meses do período de execução da obra, com população média mensal de 111 trabalhadores. Utilizando como parâmetro da população a média de trabalhadores (111 pessoas), a amostra representativa foi definida em 86 trabalhadores, de acordo com Anderson, Sweeney e Williams (2013), com margem de erro de 5,4% e nível de confiabilidade de 95% (isto é $Z=1,96$) (Equação 12).

Equação 12 - Definição da amostra da pesquisa na Mão de Obra

$$n = \frac{Z^2(\alpha/2)p(1-p)N}{E^2(N-1) + Z^2(\alpha/2).P(1-p)} = 86 \text{ entrevistados} \quad (12)$$

Onde:

n = tamanho da amostra,

Z^2 = nível de confiança escolhido, expresso em nº de desvios-padrão,

p = percentagem com a qual o fenômeno se verifica,

P = percentagem complementar ($100 - p$),

E = erro máximo permitido,

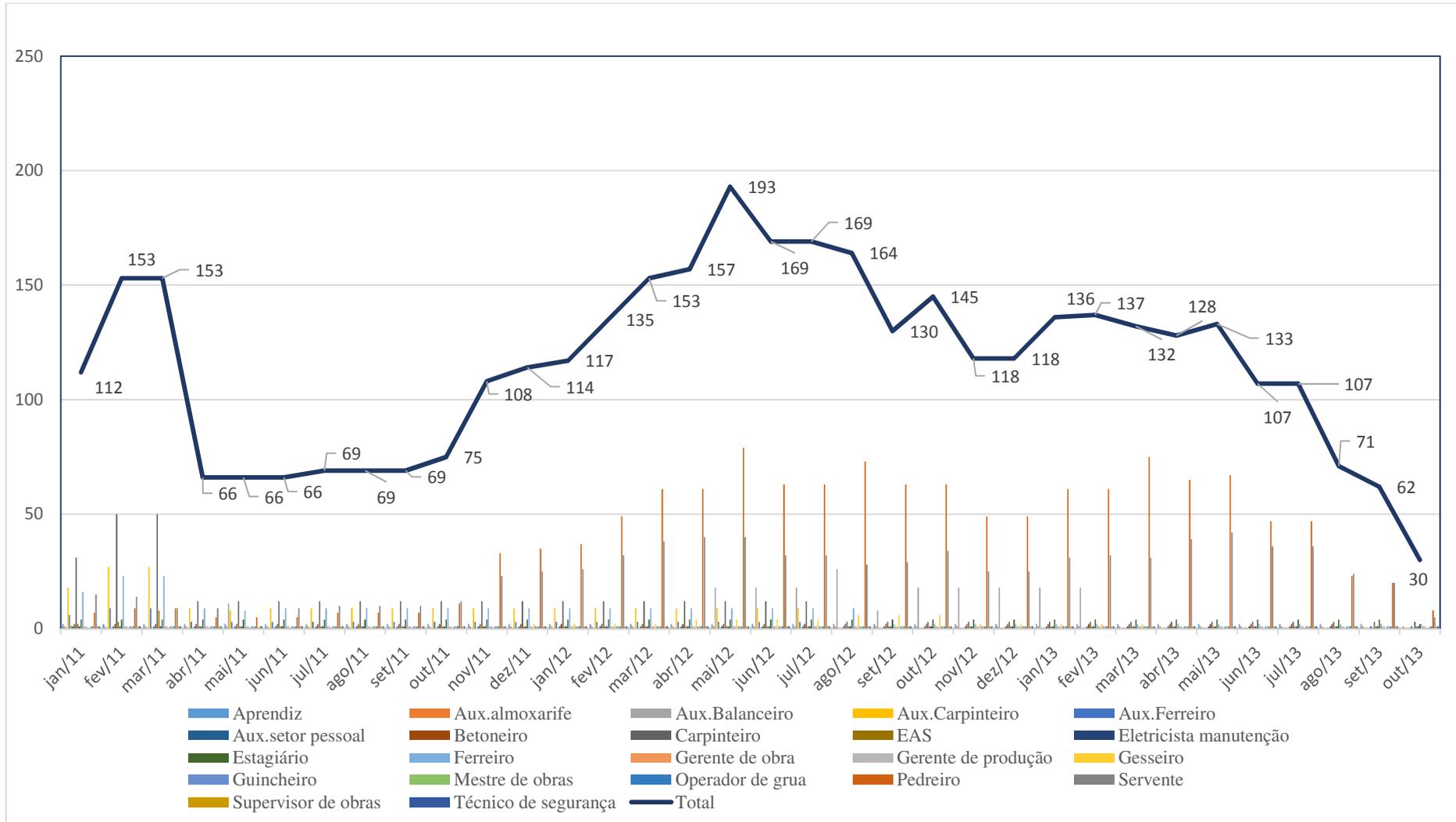
N = tamanho da população e

α = erro proporcional.

Para a coleta de dados da pesquisa de campo da Mão de Obra, foi aplicado, inicialmente, um teste-piloto inicialmente com 11 trabalhadores e ajustado em 12 versões para obtenção da versão final do questionário composto por 52 questões (Apêndice B), no programa ‘PH Trabalhador’ - construído na plataforma móvel *Apple* em forma de Banco de Dados. Posteriormente, foi aplicado de forma definitiva com 90 trabalhadores, no período de março a setembro/2014, com funcionários que estavam alocados em outra obra, mas que trabalharam no empreendimento estudado nesta pesquisa. Esta informação foi obtida com o Departamento de Recursos Humanos da empresa, mediante disponibilidade de uma lista contendo 168 trabalhadores, dos quais 90 foram selecionados para entrevista.

A coleta dos hábitos de consumo de água aplicada nos 90 trabalhadores contempla todas as 22 funções desempenhadas (Gráfico 2 e Tabela 12), sendo 10 funções dos trabalhadores localizados na administração da obra (sigla ADM no banco de dados) e 12 funções dos trabalhadores localizados na obra (sigla CO no banco de dados). As 22 funções são: administração (ADM) – aprendiz, auxiliar de almoxarife, auxiliar de setor pessoal, EAS (encarregado de administração e suprimentos), estagiário, gerente de obra, gerente de produção, mestre de obras, supervisor de obras e técnico de segurança e canteiro de obras (CO) – auxiliar de balanceiro, auxiliar de carpinteiro, auxiliar de ferreiro, betoneiro, carpinteiro, eletricitista de manutenção, ferreiro, gesso, guincheiro, operador de grua, pedreiro e servente (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Diagrama efetivo da obra em estudo



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2014).

Tabela 12 - Diagrama efetivo da obra e amostra distribuída nas funções

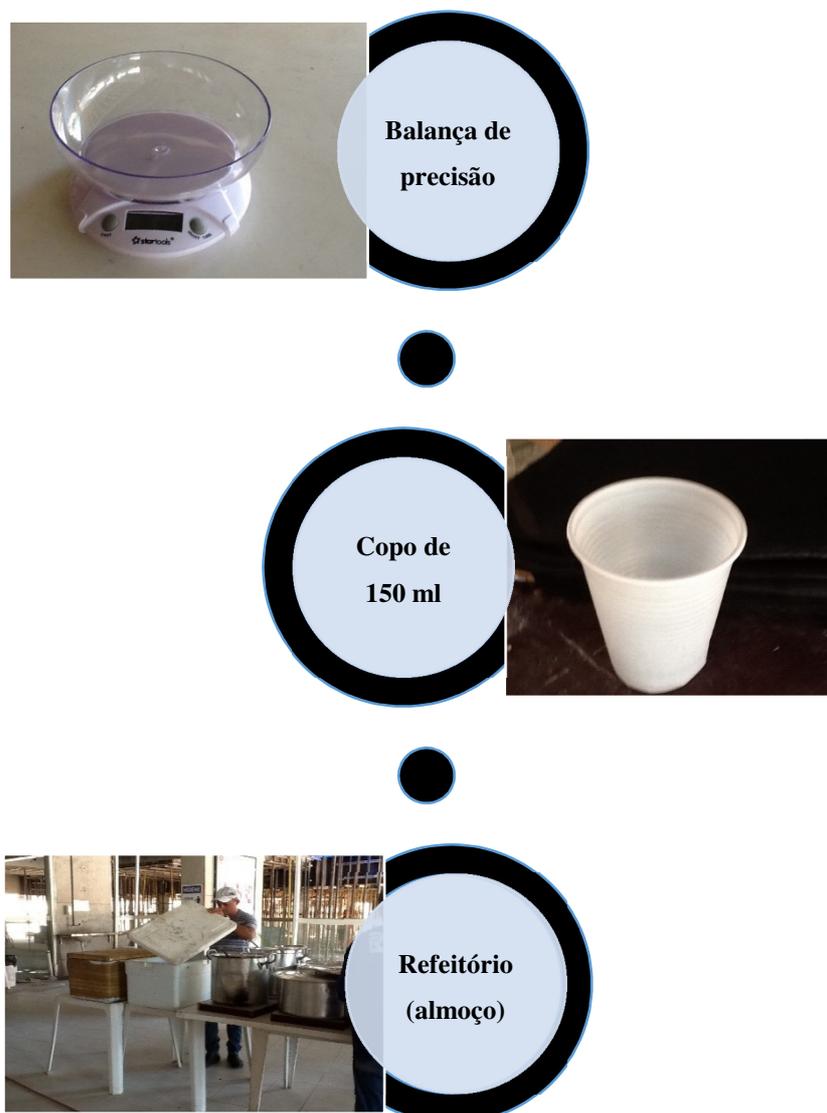
Função	Período da Obra																														Total Observações	Quant. Amostra										
	2011												2012												2013																	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06			07	08	09	10	11	12				
1 Ajudante de carpinteiro	18	27	27	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	2	
2 Ajudante de ferreiro	6	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	1	
3 Almoxarife	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
4 Aprendiz	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	66	2		
5 Auxiliar de balanceiro	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	18	26	8	18	18	18	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	189	1	
6 Auxiliar setor pessoal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
7 Betoneiro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	64	1	
8 Carpinteiro	31	50	50	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	374	6	
9 EAS	2	3	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	46	1	
10 Eletricista manutenção	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
11 Estagiário	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	138	4
12 Ferreiro	16	23	23	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	246	3
13 Gerente de obra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
14 Gerente de produção	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1
15 Gesseiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	4	4	4	4	6	6	6	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	3	
16 Guincheiro	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	32	1	
17 Mestre de obras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
18 Operador de grua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
19 Pedreiro	7	9	9	5	5	5	7	7	7	11	33	35	37	49	61	61	79	63	63	73	63	63	49	49	61	61	75	65	67	47	47	23	20	8	8	8	8	1340	27			
20 Servente	15	14	9	9	0	9	10	10	10	12	23	25	26	32	38	40	40	32	32	28	29	34	25	25	31	32	31	39	42	36	36	24	20	5	5	5	5	833	29			
21 Supervisor de obras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
22 Técnico de segurança	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	1	
Total	112	153	153	66	66	66	69	69	69	75	108	114	117	135	153	157	193	169	169	164	130	145	118	118	136	137	132	128	133	107	107	71	62	30	30	30	3991	90				

Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados da pesquisa (2014).

No momento da aplicação dos questionários, foram apresentadas medidas de mensuração de alimentos (Figura 14), como por exemplo vasilha plástica de 250 ml, copo plástico de 150 ml, colheres e conchas utilizadas no fornecimento dos alimentos, informações de peso dos alimentos – medidas por balança automática de precisão *Startools*, com capacidade para 7 kg e conversor em três unidades de medida (quilo, onça e libra).

De forma antecipada, todos os alimentos fornecidos pela empresa terceirizada foram medidos (Figura 15), a fim de no momento da aplicação dos questionários com os trabalhadores, o quantitativo do tipo de consumo ser somente multiplicado pela quantidade de vezes que o operário mencionou ter consumido em sua refeição (café da manhã e almoço).

Figura 14 - Recipientes utilizados para medir o consumo de alimentos na construção civil imobiliária



Das medições realizadas na obra foram retiradas o valor da tara de seis gramas correspondente ao peso da vasilha utilizada para inserir o alimento no momento do aferimento do peso. Cada alimento foi pesado duas vezes para fins de validação do valor medido de acordo com os utensílios utilizados pelos operários (colheres e conchas), fornecidos pela empresa terceirizada.

Figura 15 - Medidas de alimentos consumidos pelos trabalhadores na construção civil imobiliária



Alimentação na obra (horário do almoço)

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A Figura 16 evidencia a pesagem realizada em parte da alimentação servida aos trabalhadores durante o horário do almoço.

Figura 16 - Pesagem da alimentação fornecida aos trabalhadores dentro da obra



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os alimentos medidos (Figura 16), evidenciados na Tabela 13, estão dispostos em quantidade de gramas (g) equivalente a uma medição pela utilização da concha ou da colher, no fornecimento da refeição no horário do almoço. Já no horário do café, a empresa terceirizada fornece pão carioquinha, leite e café, onde o leite e o café foram medidos em litros e mililitros (l e ml), respectivamente, pela utilização do copo de 150 ml e o pão carioquinha em gramas (g) - este último inserido na Tabela 13.

Tabela 13 - Equipamentos utilizados no empreendimento, sem mensuração de PH

Tipo de alimento	Quantidade (g)
Feijão	184,0
Farofa de cuscuz	62,0
Macarrão	135,0
Arroz	121,0
Salada (repolho, cenoura, alface e pimentão)	28,0
Carne	184,0
Frango	160,0
Peixe	150,0
Pão carioquinha	40,0

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A metodologia aplicada na Mão de Obra foi elaborada e ajustada de acordo com as particularidades observadas tanto na empresa fornecedora de alimentos, quanto nos hábitos alimentares dos trabalhadores. Na empresa fornecedora de alimentos (Figura 16) foram medidos os volumes de água utilizados para o cozimento das refeições, tais como feijão, arroz, macarrão, dentre outros, a fim de acrescer estes volumes ao da pegada hídrica desses respectivos produtos.

Toda a Mão de Obra foi retirada da Curva ABC de Insumos para tratamento metodológico específico desse questionário junto aos trabalhadores, representando um percentual de 23,11% da Curva ABC de Insumos do empreendimento estudado.

Figura 17 - Empresa fornecedora de alimentos



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Para obtenção de dados junto aos fornecedores de Materiais, quanto ao montante do componente hídrico utilizado na produção destes, foi empregado como instrumento de coleta ‘carta padrão’ (Apêndice A), enviada por e-mail e confirmada por telefone, a 89 fornecedores durante o período de março a julho/2014, representando 389 itens da Curva ABC de Insumos (76,89%). Os 389 itens estão distribuídos entre 89 fornecedores, pois alguns fornecedores fornecem vários materiais.

Para a obtenção dos dados da Curva ABC de Serviços, efetuaram-se os seguintes passos: i) identificação dos insumos (na Curva ABC de Insumos) que se relacionam com os serviços (na Curva ABC de Serviços), a fim de verificar se existe necessidade de algum rateio dos materiais que são utilizados em mais de um serviço executado; ii) segregação dos serviços entre os que utilizam água e os que não utilizam água, de acordo com a Tabela de Custos da SEINFRA-CE (2014), versão 022; iii) classificação dos serviços que utilizam água, divididos no passo ‘ii’, em serviços executados com concretagem (codificados com a letra ‘C’) ou serviços executados com argamassas (codificados com a letra ‘A’), esta última podendo ainda ser subclassificada em argamassa colante (adquirida pronta de terceiros) ou própria (produzidas na obra de acordo com os traços parametrizados); iv) colocação da codificação, de acordo com a Tabela de Custos SEINFRA-CE, em todos os serviços do item ‘iii’, do fator A/C para os serviços de concretagem e argamassas próprias e do fator A/S (fator Água/Serviço) para os serviços que utilizam argamassa colante, informados pelo próprio fornecedor. O total da Curva ABC de Serviços é composto por 293 itens (100%).

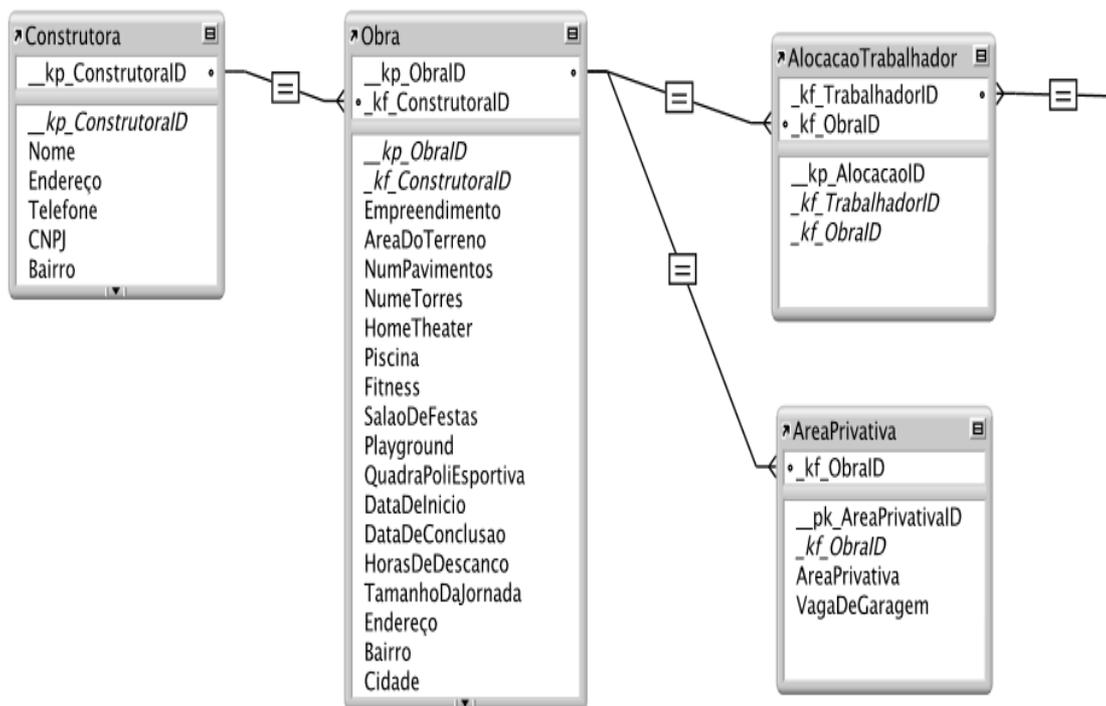
5.2 Coleta e operacionalização dos dados

A coleta e operacionalização dos dados dar-se-á em três subseções: mão de obra, materiais e serviços. Cada uma delas com modo de coleta e metodologia de operacionalização dos dados diferentes entre si.

5.2.1 Mão de obra

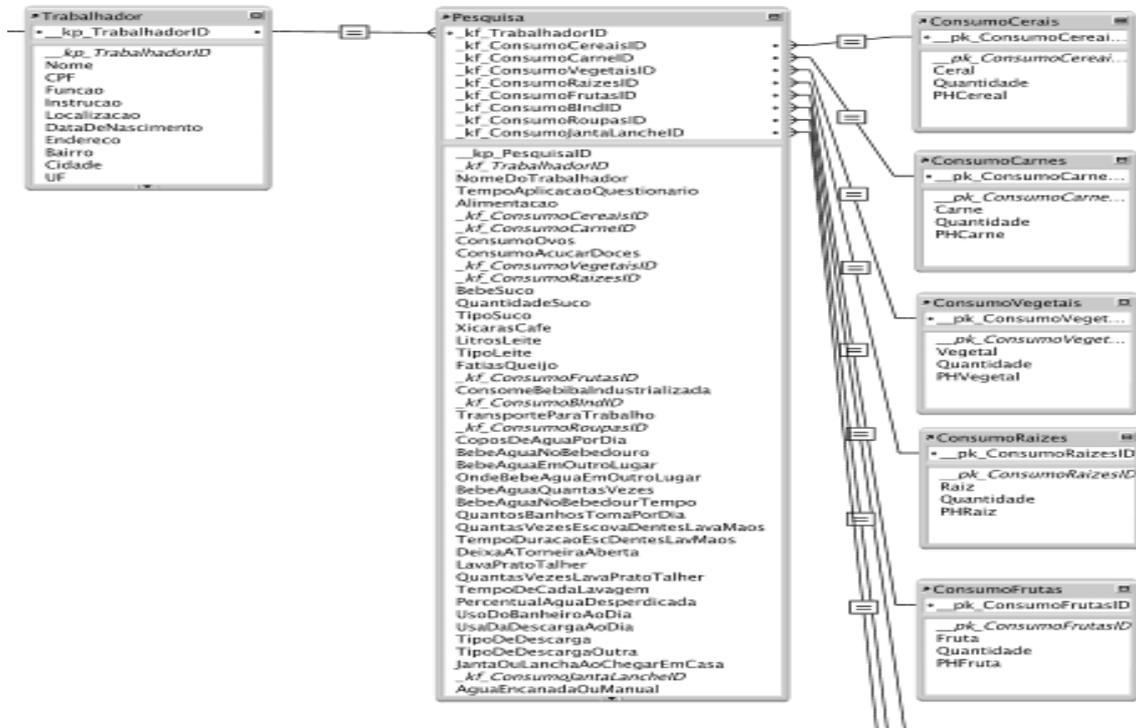
A coleta de dados do grupo Mão de Obra foi realizada através de um software criado e desenvolvido neste trabalho em uma plataforma móvel *Apple* (iOS), sendo utilizado o iPad para coleta das informações de cada trabalhador na obra. A linguagem de programação desenvolvida no *Filemaker* de acordo com a programação visualizada nas Figuras 18, 19 e 20.

Figura 18 - Visualização do programa 'PH Trabalhador', linguagem *Filemaker* (Parte I - continua)



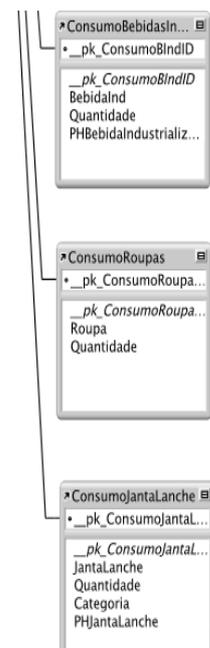
Fonte: Dados da programação do Banco de Dados versão 12.0 (2014).

Figura 19 - Visualização do programa ‘PH Trabalhador’, linguagem *Filemaker* (Parte II - continuação)



Fonte: Dados da programação do Banco de Dados versão 12.0 (2014).

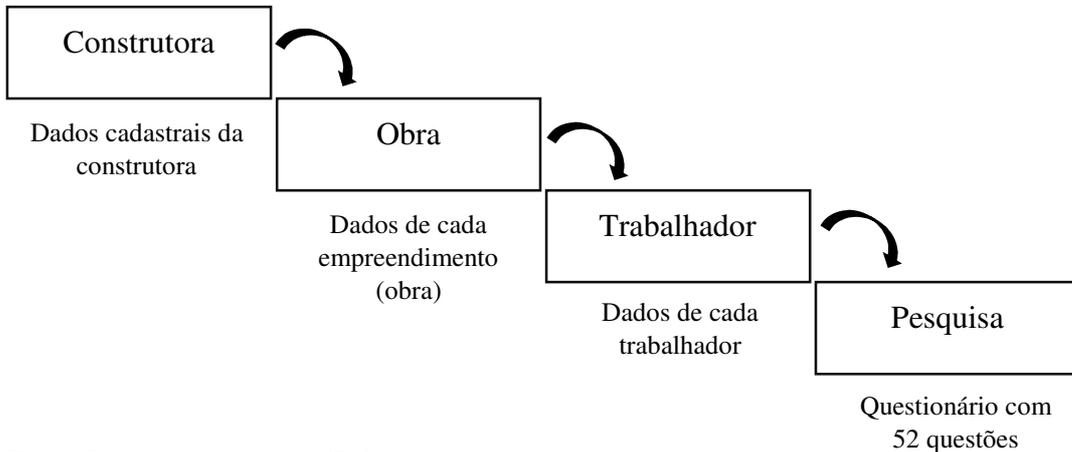
Figura 20 - Visualização do programa ‘PH Trabalhador’, linguagem *Filemaker* (Parte III - conclusão)



Fonte: Dados da programação do Banco de Dados versão 12.0 (2014).

O detalhamento da programação evidencia que o banco de dados utilizado neste estudo armazena as informações seguindo o *script*: Construtora > Obras da Construtora > Trabalhadores das Obras > Consumo dos Trabalhadores Individualmente (Figura 21).

Figura 21 - Fluxo da programação sistêmica 'PH Trabalhador' na construção civil imobiliária



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Na estrutura sistêmica do banco de dados - a parte 'Pesquisa' (PH Trabalhador) - evidencia 13 categorias de consumo de água do trabalhador (cereais, carnes, ovos, vegetais, açúcares, raízes, líquidos, estimulantes, laticínios, frutas, industrializados, transportes e outras higiênes), de acordo com seus hábitos alimentares, bem como o uso da água pelo mesmo tanto dentro da obra (PH da Obra), como fora da obra (PH Fora da Obra), durante o período de execução da obra, somente nos dias de segunda a sexta feira. Os demais dias da semana (sábado e domingo) foram desprezados para fins de cálculo da PH em virtude da mudança de hábito que ocorre pelo trabalhador quando estão fora do seu cotidiano. As Figuras 22 a 29 demonstram as telas do programa PH Trabalhador, iniciando pela disposição de acesso ao sistema (Figura 22).

Figura 22 - Disposição dos arquivos do programa PH Trabalhador



Fonte: Banco de dados programa PH Trabalhador (2014).

O programa permite o salvamento de novas versões, sem exclusão das versões anteriores existentes, bem como o armazenamento de *backups* realizados (ex: PHdoTrabalhador-1.xlsx, Figura 22).

A tela ‘Construtora’ do banco de dados ‘PH Trabalhador’ permite a inclusão dos dados cadastrais de qualquer construtora individualmente nos campos: nome, endereço, bairro, cidade, UF, CEP, telefone, CNPJ e uma tela que contém o resumo da tela ‘Obras’, permitindo que o usuário possa identificar quais obras já foram inseridas para a construtora cadastrada (Figura 23).

Figura 23 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ – Construtora

PHdoTrabalhador-1.12

Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos
PH do Trabalhador na Construção Civil em Fortaleza/CE

Construtora

Nome:

Endereço:

Bairro:

Cidade: UF:

Cep:

Telefone:

CNPJ:

Obras da Construtora

Empreendimento	Área	Pavimentos	Torres
Empreendimento "X"	18500	23	1

Construtora Registro 1 de 1

Fonte: Banco de dados programa PH Trabalhador (2014).

Cada construtora cadastrada pode ter uma ou mais obras, as quais são inseridas na tela 'Obra' com todas as características do empreendimento, tais como: nome do empreendimento, área do terreno, quantidade de pavimentos, área privativa dos apartamentos, dentre outras (Figura 24).

Figura 24 - Tela do banco de dados 'PH Trabalhador' - Obra

The screenshot shows a mobile application interface for data entry. At the top, the status bar displays the time 23:46, battery level at 36%, and signal strength. The app title is 'PHdoTrabalhador-1.12'. The main header is 'Obra' with the university and program information: 'Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, PH do Trabalhador na Construção Civil em Fortaleza/CE'.

The form contains the following fields and options:

- Nome do Empreendimento: Empreendimento "X"
- Construtora: Construtora ABC Ltda.
- Características do Imóvel:**
 - Área do Terreno: 18500
 - Pavimentos (unid): 23
 - Torre(s): 1
- Área Privativa: 151,14
- Vagas de Garagem (unid): 03
- Additional rows for Area Privativa and Vagas de Garagem with 'Excluir' buttons.
- Home Theater: sim não
- Piscina: sim não
- Fitness: sim não
- Salão de Festas: sim não
- Playground: sim não
- Quadra Poliesportiva: sim não
- Data de Início: 01/01/2011
- Data de Conclusão: 31/10/2013
- Horas de Descanço: 1

The bottom navigation bar shows 'Obra', 'Registro 1 de 1', and search/refresh icons.

Fonte: Banco de dados programa PH Trabalhador (2014).

Para cada obra cadastrada existem diversos trabalhadores que, antes de serem arguidos sobre seus hábitos no consumo de água, são cadastrados na tela 'Trabalhador' com as características: nome, CPF, função que executa na obra, grau de instrução (escolaridade), localização (se o trabalhador é da área administrativa usa a sigla 'ADM' e se o trabalhador é do canteiro de obras usa a sigla 'CO'), data de nascimento, endereço, bairro, cidade, CEP, UF,

quantidade de horas que o trabalhador fica diariamente na obra e um campo destinado ao tempo de permanência que o trabalhador estará executando seu serviço na obra, pois dependendo da função que execute o tempo que será necessária a utilização de seu Mão de Obra pode variar (Figura 25).

Figura 25 - Tela do banco de dados 'PH Trabalhador' – Trabalhador

The screenshot shows a mobile application interface for data entry. At the top, the status bar displays the time 23:48 and battery level at 37%. The app title is 'PHdoTrabalhador-1.12'. The main header area includes the title 'Trabalhador' and the affiliation: 'Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, PH do Trabalhador na Construção Civil em Fortaleza/CE'.

The form fields are as follows:

- Nome: Maria Joana Lira
- CPF: 000.000.000-01
- Função: Gerente de produção
- Instrução: 3o Grau
- Localização: ADM
- Data de Nascimento: 31/03/1988
- Endereço: Av. Beira Mar, s/n
- Bairro: MEIRELES
- Cidade: Fortaleza
- UF: CE
- Cep: 60.000-000
- Horas de Trabalho: 8
- Permanência (meses): 36

At the bottom, there is a navigation bar with the title 'Trabalhador', a progress indicator 'Registro 1 de 90', and icons for search and refresh.

Fonte: Banco de dados programa PH Trabalhador (2014).

Os campos Função, Instrução e Localização são importantes para análises qualitativas dos trabalhadores e comparação do valor da pegada hídrica mensurada com as características dos mesmos, a fim de analisar a contribuição dessas características com o volume da pegada hídrica. Os campos Bairro e Cidade são utilizados para o cálculo da Questão 17 (PH

Transporte), pois dependendo do local onde o trabalhador reside é feito o cálculo individual da distância do centroide do bairro da cidade de onde o trabalhador reside até o local da obra, a fim de multiplicar este resultado (distância) pela PH do tipo de combustível utilizado pelo trabalhador. A Figura 26 detalha as questões abordadas no questionário (Apêndice B).

Figura 26 - Tela do banco de dados ‘PH Trabalhador’ – Pesquisa

Pesquisa

Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos
PH do Trabalhador na Construção Civil em Fortaleza/CE

Nome do Trabalhador
Francisco das Chagas de

1. Tempo de Aplicação do Questionário (min)
20

2. Alimentação
self-service

3. Produtos derivados de cereais consumidos de segunda à sexta:

Cereal	Quantidade (kg)	
arroz (cozido)	1,280	Excluir
feijão (cozido)	0,75	Excluir
pão fatia	6	Excluir
		Excluir

4. Tipos de carnes consumidas de segunda à sexta:

Carne	Quantidade (kg)	
peixe (cozido)	0,4	Excluir
bovina (cozida)	1,5	Excluir
		Excluir

5. Consumo de ovos de segunda à sexta (unidades)
0

6. Como é o seu consumo de açúcar e doces?
 baixo médio alto

7. Tipos de vegetais consumidos de segunda à sexta:

Vegetal	Quantidade (kg)
---------	-----------------

Pesquisa Registro 1 de 90

Fonte: Dados do programa PH Trabalhador (2014).

A tela ‘Pesquisa’ (Figura 26) representa o questionário aplicado com o trabalhador, evidenciando as questões semiestruturadas para obter os hábitos de consumo direto e indireto do trabalhador, tanto dentro da obra, quanto fora da obra, nos dias de segunda a sexta feira. A

maioria das questões possuem informações semanais para que depois sejam multiplicadas pelo campo de ‘Permanência’ do trabalhador informado na tela ‘Trabalhador’ (último campo da Figura 25). Todas as informações fornecidas pelos trabalhadores são cadastradas de acordo com os hábitos individuais dos mesmos, independentemente da existência de componentes hídricos na literatura. Os novos hábitos de consumo indireto (ex.: alimentos, roupas e outros) são coletados e inseridos no banco de dados para fins de identificação das limitações da pesquisa e busca desses componentes em estudos posteriores.

Foi criada uma codificação de 13 categorias para os componentes hídricos serem distribuídos (Tabela 14 e Figura 27): Cereais, Carnes, Ovos, Açúcares, Vegetais, Raízes, Frutas, Estimulantes, Laticínios, Industrializados, Líquidos, Transportes e Outras Higiênes.

As nove primeiras categorias foram classificadas de acordo com a metodologia utilizada pela *Water Footprin Network* (WFN, 2014) - resultantes do cálculo da PH Rápida e Estendida - e as três últimas foram inseridas no presente estudo a partir das necessidades oriundas desta pesquisa. A falta de exibição do código do programa disponibilizada pela WFN não permite a confirmação dos produtos que compõem as categorias.

Tabela 14 - Agrupamento das 52 questões da PH Trabalhador por Categorias

Categorias		Questões envolvidas
1	Cereais	3-36-37
2	Carnes	4-36-37
3	Ovos	5-36-37
4	Açúcares	6-36-37
5	Vegetais	7-36-37
6	Raízes	8-36-37
7	Frutas	14-36-37
8	Estimulantes	11-36-37
9	Laticínios	12-13-36-37
10	Industrializados	15-16-18-36-37
11	Líquidos	9-10-19 a 24-50-51
12	Transportes	17
13	Outras Higiênes	25 a 35-38 a 49

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A Figura 27 evidencia a ‘Tabela PH’ onde constam os cadastros de produtos (nome e valor da PH) e as categorias em que estão alocadas os produtos.

Figura 27 - Cadastramento das categorias e dos produtos no programa 'PH Trabalhador'

Nome	Valor	Categoria
arroz (cozido)	2550	cereais
feijão (cozido)	0	cereais
pão fatia	40	cereais
macarrão (cozido)	622	cereais
pão	1608	cereais
farofa	0	cereais
biscoito cream cracker	0	cereais
cuscuz	0	cereais
peixe (cozido)	0	carnes
bovina (cozida)	15401	carnes
frango (cozido)	4338	carnes
suína (cozida)	5991	carnes
ovos	200	ovos
alface	240	vegetais
repolho (in_natura)	1020	vegetais
beterraba (cozida)	0	vegetais
tomate	200	vegetais
pepino	350	vegetais
abóbora	350	vegetais
cebola	0	vegetais
cenoura (cozida)	0	vegetais
açúcar	1780	açúcares
batata doce	0	raízes
batata	292	raízes
suco de laranja	1020	líquidos
suco de maracujá	0	líquidos
suco de acerola	0	líquidos
suco tang	0	líquidos
bebedouro vazão	0,0138889	líquidos
água mineral Gelagua	200	líquidos
café	130	estimulantes
leite	1020	laticínios
queijo	5060	laticínios
banana	160	frutas
maçã	125	frutas
azeitona	12,08	frutas
goiaba	270	frutas
mandioca	540	frutas

Fonte: Dados do programa PH Trabalhador (2014).

No cadastramento das categorias e dos produtos, mesmo que não haja componentes hídricos correspondentes, são inseridas as informações da pegada hídrica de cada produto que existe e os que não existem coloca-se zero para posteriores pesquisas. Os registros podem ser

adicionados, duplicados, excluídos e inseridos na barra inferior, no canto direito, no símbolo “+/-“ (Figuras 28).

Figura 28 – Ajustes que podem ser realizados nas categorias, nas PH e quaisquer outros dados no sistema

Trabalhador

Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos
PH do Trabalhador na Construção Civil em Fortaleza/CE

Nome: Maria Joana Lira

CPF: 000.000.000-01

Função: Gerente de produção

Instrução: 3o Grau

Localização: ADM

Data de Nascimento: 31/03/1988

Endereço: Av. Beira Mar, s/n

Bairro: MEIRELES

Cidade: Fortaleza UF: CE

Cep: 60.000-000

Horas de Trabalho: 8

Permanência (meses): 36

Adicionar novo registro

Duplicar registro

Excluir registro...

Excluir registros encontrados...

Sair do registro

Trabalhador Registro 1 de 90

Fonte: Dados do programa PH Trabalhador (2014).

Na Figura 29, na barra inferior, canto direito, na lupa é possível omitir e classificar registros, bem como buscar registros.

Figura 29 – Consultas que podem ser realizados nas categorias, nas PH e quaisquer outros dados no sistema

The screenshot displays the 'Pesquisa' (Search) screen of the 'PHdoTrabalhador-1.12' application. The interface includes a header with the university name and a search bar. The main content area contains several sections for data entry:

- Nome do Trabalhador:** A dropdown menu with the value 'Francisco das Chagas de'.
- 1. Tempo de Aplicação do Questionário (min):** A text input field containing '20'.
- 2. Alimentação:** A dropdown menu with the value 'self-service'.
- 3. Produtos derivados de cereais consumidos de segunda à sexta:** A table with columns for 'Cereal' and 'Quantidade (kg)'. It lists 'arroz (cozido)' (1,280 kg), 'feijão (cozido)' (0,75 kg), and 'pão fatia' (6 kg), each with an 'Excluir' button.
- 4. Tipos de carnes consumidas de segunda à sexta:** A table with columns for 'Carne' and 'Quantidade (kg)'. It lists 'peixe (cozido)' (0,4 kg) and 'bovina (cozida)' (1,5 kg), each with an 'Excluir' button.
- 5. Consumo de ovos de segunda à sexta (unidades):** A text input field containing '0'.
- 6. Como é o seu consumo de açúcar e doces?:** Radio buttons for 'baixo' (selected), 'médio', and 'alto'.
- 7. Tipos de vegetais consumidos de segunda à sexta:** A section with a 'Vegetal' column and a 'Quantidade (kg)' column.

A red box highlights a menu that appears when the search icon (magnifying glass) is tapped in the bottom right corner. The menu options are:

- Mostrar todos os registros
- Mostrar registros omitidos
- Omitir registros...
- Classificar registros...
- Busca rápida
- Entrar em Modo de busca

Fonte: Dados do programa PH Trabalhador (2014).

Além da classificação nas 13 categorias, as 52 questões foram agrupadas por tipo de pegada hídrica, ora direta ou indireta, e ora dentro ou fora da obra (Tabela 14), onde a PH direta se refere ao volume de água consumido pela Mão de Obra e a PH indireta se refere às pegadas hídricas direta dos produtos consumidos pela Mão de Obra, ambas para a construção do empreendimento. A abordagem dentro e fora da obra é realizada no presente estudo para comparar os hábitos dos trabalhadores no horário do expediente e fora do horário do expediente.

Tabela 15 - Distribuição das 52 questões da PH Trabalhador por tipo de PH

Questões envolvidas			Questões envolvidas		
PH dentro da obra	Direta	19 a 35	PH fora da obra	Direta	38 a 52
	Indireta	2 a 18		Indireta	36 e 37

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A programação sistêmica da ‘PH Trabalhador’ está distribuída no Apêndice C, em 24 descritivos de cada questão ou grupo de questões, evidenciando detalhadamente os cálculos realizados nas 52 questões a fim de obter a PH do trabalhador. As duas primeiras questões (ver Apêndice B) se referem, respectivamente, ao nome completo do trabalhador - oriundo do preenchimento do cadastro do mesmo, na tela ‘PH Trabalhador – Trabalhador’ e do tempo de aplicação do questionário (em min), por isto o Apêndice C contempla os descritivos a partir da terceira questão.

O resultados dos valores calculados de acordo com o Apêndice C evidenciam os totais das PH direta e indireta, dentro e fora da obra, onde o somatório das mesmas representa a PH do Trabalhador (em l). Os dados utilizados nos cálculos da PH dos trabalhadores são complementados com as informações dispostas nas Tabelas 16 a 18 e no Quadro 4.

A Tabela 16 (PH de diversos produtos para cálculo da PH Trabalhador) contém 98 PHs dos produtos necessários para o cálculo, das quais 27 (27,5% das PH mapeadas) não possuem dados de mensuração na literatura. Desta forma, mesmo que o trabalhador responda que consumiu um ou mais produtos que não possuem componente hídrico medido, a Tabela contempla os itens faltantes, porém com a PH zerada. Este fator de limitação deve ser considerado empara fins de estudos posteriores.

Tabela 16 - PH de diversos produtos para cálculo do PH Trabalhador

PH Trabalhador - componentes hídricos							
Categoria	Nome produto	PH	Un.	Categoria	Nome produto	PH	Un.
Frutas	Abacate	-	L/kg	Outros	Folha A4	10	L/folha
Vegetais/Raízes	Abóbora	350	L/kg	Carnes	Frango	4.330	L/kg
Industrializados	Achocolatado	-	L/L	Carnes	Frango (cozido)	4.338	L/kg
Açúcares	Açúcar (refinado cana de açúcar)	1.780	L/Kg	Frutas	Goiaba	1.800	L/kg
Líquidos	Água mineral	200	L/L	Estimulantes	Grãos de café	21.000	L/kg
Vegetais/Raízes	Alface	240	L/kg	Cereais	Grãos de soja	1.800	L/kg
Vegetais/Raízes	Algodão	11.000	L/kg	Outros	Hambúrguer	2.400	L/unid
Cereais	Amendoim (em casca)	2.780	L/kg	Laticínios	Iogurte	-	L/L
Cereais	Amendoim (sem casca)	3.970	L/kg	Frutas	Laranja	80	L/kg
Cereais	Arroz	2.500	L/kg	Laticínios	Leite	1.020	L/L
Cereais	Arroz (cozido)	2.550	L/Kg	Laticínios	Leite em pó	4.750	L/kg
Cereais	Aveia	-	L/Kg	Frutas	Maçã	125	L/unid
Industrializados	Azeite virgem	14.400	L/kg	Cereais	Macarrão	590	L/kg
Frutas	Azeitona	3.020	L/kg	Cereais	Macarrão (cozido)	622	L/kg
Frutas	Banana	160	L/unid	Líquidos	Maçã-sumo (200ml)	230	L/copo
Vegetais/Raízes	Batata	290	L/kg	Frutas	Mamão	-	L/kg
Vegetais/Raízes	Batata (cozida)	292	L/kg	Frutas	Manga	1.800	L/kg
Vegetais/Raízes	Batata doce	-	L/kg	Laticínios	Manteiga	5.550	L/Kg
Vegetais/Raízes	Batata doce (cozida)	-	L/kg	Cereais	Milho	1.750	L/kg
Outros	Batata frita	1.240	L/kg	Carnes	Ovelha	10.400	L/kg
Vegetais/Raízes	Beterraba (cozida)	-	L/kg	Ovos	Ovos (60g/cada)	200	L/unid
Transportes	Bio-diesel (de soja)	11.400	L/Biodiesel (L)	Cereais	Painço	5.000	L/kg
Transportes	Bio-etanol (de açúcar da beterraba)	1.188	L/Etanol (L)	Cereais	Pão	1.608	L/Kg
Transportes	Bio-etanol (de cana de açúcar)	2.107	L/Etanol (L)	Cereais	Pão fatia	40	L/fatia
Transportes	Bio-etanol (de milho)	2.854	L/Etanol (L)	Carnes	Peixe (cozido)	-	L/Kg
Cereais	Biscoito cream cracker	-	L/Kg	Carnes	Peixe (in_natura)	-	L/Kg
Industrializados	Bota (sapato)	-	L/Kg	Vegetais/Raízes	Pepino	350	L/kg
Carnes	Bovina	15.400	L/kg	Frutas	Pêra	-	L/kg
Carnes	Bovina (cozida)	15.401	L/kg	Frutas	Pêssego (150g)	140	L/kg
Estimulantes	Café (125ml)	130	L/xícara	Outros	Pizza Marguerita (725g)	1.260	L/kg
Industrializados	Calça jeans (800g)	8.000	L/unid	Industrializados	Presunto	-	L/Kg
Industrializados	Camisa (250g)	2.500	L/unid	Laticínios	Queijo	5.060	L/kg
Carnes	Caprina (de cabra)	5.520	L/kg	Industrializados	Refrigerante	-	L/L
Carnes	Carneiro	6.100	L/kg	Vegetais/Raízes	Repolho (in natura)	280	L/kg
Carnes	Cavalo	4.100	L/kg	Líquidos	Suco addes	-	L/L
Vegetais/Raízes	Cebola	-	L/kg	Líquidos	Suco de acerola	-	L/L
Vegetais/Raízes	Cenoura (cozida)	-	L/kg	Líquidos	Suco de laranja	1.020	L/L
Industrializados	Cerveja (250ml)	74	L/copo	Líquidos	Suco de maçã	230	L/copo
Cereais	Cevada	1.300	L/kg	Líquidos	Suco de maçã	1.140	L/L
Estimulantes	Chá	8.860	L/kg	Líquidos	Suco de maracujá	-	L/L
Estimulantes	Chá (250 ml)	30	L/xícara	Líquidos	Suco tang	-	L/L
Estimulantes	Chocolate	17.000	L/kg	Carnes	Suína	5.990	L/kg
Transportes	Combustível (gasolina)	2.797	L/L	Carnes	Suína (cozida)	5.991	L/kg
Industrializados	Computador	31.500	L/unid	Frutas	Tâmara	2.280	L/kg
Industrializados	Couro (bovino)	17.000	L/kg	Cereais	Tapioca	-	L/Kg
Cereais	Cuscuz	-	L/kg	Vegetais/Raízes	Tomate	200	L/kg
Cereais	Farinha de trigo	1.850	L/Kg	Cereais	Trigo	1.300	L/kg
Cereais	Farofa	-	L/Kg	Estimulantes	Vinho (125 ml)	110	L/kg
Cereais	Feijão (cozido)	-	L/Kg	Estimulantes	Vinho tinto	120	L/taça

Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados da pesquisa (2014).

A origem dos dados da literatura para parte dos 98 produtos foi obtida conforme detalhamento da Figura 26. A maioria dos valores das PHs coletadas na Tabela 15 expõem médias globais mundiais, portanto para calculá-los fazem-se muitas inferências a fim de determinar as médias nacionais. Certamente, para países com dimensões continentais e diversos sistemas de produção, como é o caso do Brasil, o melhor valor será aquele calculado, considerando as realidades produtivas brasileiras. Apesar disto, não se pode invalidar as médias globais, pois em um dos objetivos do cálculo da pegada embute-se a relação entre a produção e a água que se baseia nas médias globais.

Os produtos expostos no Quadro 4 possuem como origem dos dados a Galeria de Produtos WFN - médias globais de pegada hídrica – e outros três autores.

Alguns itens como batata (cozida), arroz (cozido) e macarrão (cozido), mencionados no Quadro 4, foram calculados pelo somatório do volume de água informado na literatura adicionados ao volume de água utilizado pela empresa fornecedora da alimentação para cozimento das refeições fornecidas aos trabalhadores na obra.

Os demais itens que foram informados pelos trabalhadores em seus hábitos alimentares sem identificação de suas respectivas pegadas hídricas estão mencionados no Quadro 4 com a nomenclatura 'SEM PH', representando 27 itens dos 98, ou seja, 27,5% dos produtos que poderão ser mensurados em pesquisas futuras.

Quadro 4 - Literatura dos componentes hídricos para cálculo do PH Trabalhador

Nome produto	Origem dos dados	Nome produto	Origem dos dados
Abacate	SEM PH	Folha A4	Allan, T. (2011)
Abóbora	Galeria de produtos WFN	Frango (carne)	Galeria de produtos WFN
Achocolatado	SEM PH	Frango (carne cozida)	SEM PH
Açúcar (refinado cana de açúcar)	Galeria de produtos WFN	Goiaba	Galeria de produtos WFN
Água mineral	SEM PH	Grãos de café	Allan, T. (2011)
Alface	Galeria de produtos WFN	Grãos de soja	Allan, T. (2011)
Algodão	Allan, T. (2011)	Hambúrguer	Allan, T. (2011)
Amendoim (em casca)	Galeria de produtos WFN	Iogurte	SEM PH
Amendoim (sem casca)	Galeria de produtos WFN	Laranja	Galeria de produtos WFN
Arroz	Galeria de produtos WFN	Leite	Galeria de produtos WFN
Arroz (cozido)	PH criada nesta pesquisa	Leite em pó	Galeria de produtos WFN
Aveia	SEM PH	Maçã	Galeria de produtos WFN
Azeite virgem	Galeria de produtos WFN	Macarrão	Galeria de produtos WFN
Azeitona	Galeria de produtos WFN	Macarrão (cozido)	PH criada nesta pesquisa
Banana	Galeria de produtos WFN	Maçã-sumo (200ml)	Galeria de produtos WFN
Batata	Galeria de produtos WFN	Mamão	SEM PH
Batata (cozida)	PH criada nesta pesquisa	Manga	Galeria de produtos WFN
Batata doce	SEM PH	Manteiga	Galeria de produtos WFN
Batata doce (cozida)	SEM PH	Milho	Galeria de produtos WFN
Batata frita	Galeria de produtos WFN	Ovelha	Galeria de produtos WFN
Beterraba (cozida)	Hoekstra et al. (2011)	Ovos (60g/cada)	Galeria de produtos WFN
Bio-diesel (de soja)	Galeria de produtos WFN	Painço	Allan, T. (2011)
Bio-etanol (açúcar da beterraba)	Galeria de produtos WFN	Pão	Galeria de produtos WFN
Bio-etanol (de cana de açúcar)	Galeria de produtos WFN	Pão fatia	Allan, T. (2011)
Bio-etanol (de milho)	Galeria de produtos WFN	Peixe (carne cozida)	SEM PH
Biscoito cream cracker	SEM PH	Peixe (in_natura)	SEM PH
Bota (sapato)	SEM PH	Pepino	Galeria de produtos WFN
Bovina (carne)	Galeria de produtos WFN	Pêra	SEM PH
Bovina (carne cozida)	SEM PH	Pêssego (150g)	Galeria de produtos WFN
Café (125ml)	Galeria de produtos WFN	Pizza Marguerita (725g)	Galeria de produtos WFN
Calça jeans (800g)	Allan, T. (2011)	Presunto	SEM PH
Camisa (250g)	Allan, T. (2011)	Queijo	Galeria de produtos WFN
Caprina (de cabra)	Galeria de produtos WFN	Refrigerante	SEM PH
Carneiro	Allan, T. (2011)	Repolho (in_natura)	Galeria de produtos WFN
Cavalo	Allan, T. (2011)	Suco addes	SEM PH
Cebola	SEM PH	Suco de acerola	SEM PH
Cenoura (cozida)	SEM PH	Suco de laranja	Galeria de produtos WFN
Cerveja (250ml)	Galeria de produtos WFN	Suco de maçã (200ml)	Galeria de produtos WFN
Cevada	Allan, T. (2011)	Suco de maçã (L)	Galeria de produtos WFN
Chá	Galeria de produtos WFN	Suco de maracujá	SEM PH
Chá (250 ml)	Galeria de produtos WFN	Suco tang	SEM PH
Chocolate	Galeria de produtos WFN	Suina (carne)	Allan, T. (2011)
Combustível (gasolina)	Ferreira, F. F (2014)	Suina (carne cozida)	Galeria de produtos WFN
Computador	Opersan	Tâmara	Galeria de produtos WFN
Couro (bovino)	Galeria de produtos WFN	Tapioca	SEM PH
Cuscuz	SEM PH	Tomate	Galeria de produtos WFN
Farinha de trigo	Galeria de produtos WFN	Trigo	Allan, T. (2011)
Farofa	SEM PH	Vinho (125 ml)	Galeria de produtos WFN
Feijão (cozido)	SEM PH	Vinho tinto	Allan, T. (2011)

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da pesquisa (2014).

Dando continuidade ao complemento das informações necessárias para cálculo da PH do trabalhador, a Tabela 17 (PH Transportes para cálculo da questão 17) evidencia o resultado de uma das principais questões deste cálculo pelo detalhe de procedimentos metodológicos. A cidade de Fortaleza/CE possui 118 bairros, além de outros bairros localizados em cidades próximas mencionados pelos trabalhadores, que foram utilizados para cálculo do consumo da PH do tipo de combustível de acordo com o meio de transporte usado pelo trabalhador no percurso de ida e volta, desde o centroide do bairro onde mora o trabalhador até o local da obra (a obra do presente estudo se localiza no bairro Dionísio Torres) – para os 118 bairros de Fortaleza/CE e utilizada quilometragem utilizada (percurso) da localização exata do endereço onde mora o trabalhador até o destino da obra no *Google Maps*. Os valores calculados foram obtidos para atender à questão 17 da ‘PH Trabalhador’, da seguinte forma:

1. Primeiramente, em contato com o Gerente de Planejamento do SINDIÔNIBUS de Fortaleza/CE, foram obtidos todos os centroides (centro de cada bairro) dos 118 bairros de Fortaleza e demais bairros das cidades próximas onde moram os trabalhadores (Iparana em Caucaia/CE, Parque Potira em Caucaia/CE, São João do Amanari em Maranguape/CE e Alto Alegre II em Maracanaú/CE) dentro do programa *TransCAD* (aplicativo projetado para transportes);
2. A informação exata do centroide, ou seja, a latitude e longitude de cada bairro, foi inserida no *Google Maps* no campo ‘Origem da Rota’ e o endereço do bairro foi inserida no campo ‘Destino da Rota’ onde estava localizada a obra, a fim de obter a distância (em km) e o tempo (em min) entre cada bairro de Fortaleza/CE e o bairro onde estava localizada a obra, para o percurso de ida, já o percurso de volta foi obtido pela simples inversão da seta de direcionamento do *Google Maps*. Desta forma, foram obtidos os dados de distância e tempo do percurso de ida e volta de todos os 118 bairros de Fortaleza e demais bairros das cidades próximas (Iparana em Caucaia/CE, Parque Potira em Caucaia/CE, São João do Amanari em Maranguape/CE e Alto Alegre II em Maracanaú/CE);
3. Os dados de distância juntamente com os valores de consumo médio de combustível (diesel e gasolina), medido em quilômetro por litro por (km/l), utilizados pelos carros, ônibus e motos, foram calculados a quantidade de litros destes combustíveis necessárias para realizar o trajeto entre os bairros (do trabalhador e da obra). Esta informação de quilometragem média do ônibus vs. consumo é de 2,43 km com um litro de diesel, segundo informações obtidas na ETUFOR (Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza) em setembro de 2014,

com base no relatório emitido pela EBT (Empresa Brasileira de Transportes); para carro foi utilizada a quilometragem média de 9km com um litro de gasolina, para carro popular, segundo dados do Inmetro (2012); e para moto modelo CG 125, segundo dados do site Moto.com.br (2014), é de 40 km com um litro de gasolina. Mais de 70% da frota de transportes coletivos atende à população de Fortaleza/CE por meio do modelo ‘ônibus básico ou semipesado’ – classificação segundo ABNT NBR nº 15570, de 06 de janeiro de 2011;

4. Para cálculo do consumo de combustível por trabalhador, através de ônibus, foi considerado o tipo de transporte (ônibus básico ou semipesado), de acordo com a disposição das classes dos veículos da ABNT NBR nº 15570/2011 e classificado no item 04 do Anexo Único da Portaria nº 42 da ETUFOR, de 28 de julho de 2014, que tem capacidade para no máximo 38 passageiros sentados e seis passageiros por m² (total do veículo em torno de 9,0 m², considerando assentos, roleta, motor e local do motorista), ou seja, além dos 38 passageiros sentados mais 42 passageiros em pé, considerando assim a capacidade máxima permitida do ônibus de 80 passageiros (sentados e em pé);
5. A média de consumo de combustíveis, por bairro, foi multiplicada pela PH de cada tipo de combustível (ônibus – biodiesel da soja – e carro e moto – gasolina) obtido (Tabela 16), a fim de mensurar a PH dos Transportes dos trabalhadores da obra (Tabela 17).

Em síntese, para cálculo da questão 17 da PH do trabalhador calcula-se primeiramente a distância média percorrida pelo trabalhador, de acordo com a localidade do seu bairro, posteriormente multiplica-se pela quilometragem média consumida pelo tipo de transporte e combustível utilizados e, por fim, multiplica-se pela pegada hídrica do tipo de combustível (conforme esclarecido no item 5 do parágrafo anterior), por indivíduo. Quando o transporte utilizado pelo trabalhador é moto ou carro o cálculo já é individual, e quando o transporte utilizado é ônibus para proceder ao cálculo individual divide-se por 80 passageiros (conforme esclarecido no item 4 do parágrafo anterior), ressaltando que este valor é somente do percurso de ida e volta por dia.

Tabela 17 - PH Transportes para cálculo da questão 17

Nome do bairro	Ônibus (PH diesel)	Carro (PH gasolina)	Moto (PH gasolina)	Nome do bairro	Ônibus (PH diesel)	Carro (PH gasolina)	Moto (PH gasolina)	Nome do bairro	Ônibus (PH diesel)	Carro (PH gasolina)	Moto (PH gasolina)
AEROLÂNDIA	686,3	2.517,3	566,4	DIONISIO TORRES	156,4	668,2	150,3	PAPICU	996,4	2.703,8	608,3
AEROPORTO	1.890,6	4.941,4	1.111,8	DOM LUSTOSA	2.179,7	7.645,1	1.720,2	PARANGABA	1.634,2	7.023,6	1.580,3
ALAGADIÃO NOVO	1.859,1	6.339,9	1.426,5	DUNAS	1.849,4	4.692,7	1.055,9	PARQUE ARAXÁ	1.150,3	3.636,1	818,1
ALDEOTA	-	559,4	125,9	EDSON QUEIROZ	1.778,8	4.972,4	1.118,8	PARQUE DOIS IRMÃOS	2.075,4	7.210,0	1.622,3
ALTO DA BALANÃA	602,2	1.989,0	447,5	FARIAS BRITO	832,0	2.890,2	650,3	PARQUE IRACEMA	1.864,2	5.594,0	1.258,7
ÁLVARO WEYNE	1.689,8	6.091,2	1.370,5	FÁTIMA	492,6	2.486,2	559,4	PARQUE MANIBURA	1.503,1	4.723,8	1.062,9
AMADEU FURTADO	2.168,1	4.692,7	1.055,9	FLORESTA	1.951,9	6.712,8	1.510,4	PARQUE PRES. VARGAS	2.615,3	12.275,7	2.762,0
ANCURI	3.395,0	9.416,6	2.118,7	GENIBAÚ	2.137,8	8.484,2	1.909,0	PARQUE SANTA ROSA	2.718,3	11.560,9	2.601,2
ANTÔNIO BEZERRA	1.764,9	6.775,0	1.524,4	GRANJA LISBOA	3.449,3	11.094,8	2.496,3	PARQUE SÃO JOSE	2.493,2	9.230,1	2.076,8
ARRAIAL MOURA BRASIL	1.061,5	3.511,8	790,2	GRANJA PORTUGAL	2.905,6	9.540,9	2.146,7	PARQUELÂNDIA	1.184,3	4.599,5	1.034,9
AUTRAN NUNES	2.075,9	7.987,0	1.797,1	GUAJERÚ	2.229,3	7.924,8	1.783,1	PARREÃO	1.203,8	3.605,0	811,1
BARRA DO CEARÁ	2.403,4	7.179,0	1.615,3	GUARARAPES	768,0	2.486,2	559,4	PASSARÉ	1.484,7	5.687,2	1.279,6
BARROSO	1.984,7	6.930,3	1.559,3	HENRIQUE JORGE	1.937,5	7.116,8	1.601,3	PAUPINA	2.961,5	9.603,0	2.160,7
BELA VISTA	1.551,0	4.879,2	1.097,8	ITAOCA	1.470,7	6.743,9	1.517,4	PEDRAS	4.396,1	11.001,5	2.475,3
BENFICA	711,5	3.014,5	678,3	ITAPERI	1.994,7	6.215,6	1.398,5	PICI	1.862,4	6.339,9	1.426,5
BOM FUTURO	1.193,2	4.226,6	951,0	JACARECANGA	960,0	3.946,9	888,0	PIRAMBU	1.603,9	5.158,9	1.160,8
BOM JARDIM	3.292,2	9.913,8	2.230,6	JANGURUSSU	2.597,6	8.577,5	1.929,9	PLANALTO AYRTON SENNA	2.538,1	10.380,0	2.335,5
BOM SUCESSO	2.073,0	8.484,2	1.909,0	JARDIM AMERICA	1.167,7	3.791,5	853,1	PRAIA DE IRACEMA	1.127,0	2.610,5	587,4
CAIS DO PORTO	1.305,5	4.319,8	972,0	JARDIM CEARENSE	2.379,1	8.732,9	1.964,9	PRAIA DO FUTURO I	1.543,5	4.786,0	1.076,8
CAJAZEIRAS	1.612,5	5.065,7	1.139,8	JARDIM DAS OLIVEIRAS	1.109,0	3.636,1	818,1	PRAIA DO FUTURO II	1.764,0	5.625,1	1.265,6
CAMBEBA	1.841,4	6.370,9	1.433,5	JARDIM GUANABARA	2.609,0	7.396,5	1.664,2	PREFEITO JOSÉ WALTER	2.359,0	8.857,2	1.992,9
CANINDEZINHO	2.632,8	11.063,7	2.489,3	JARDIM IRACEMA	2.590,5	7.054,7	1.587,3	PRESIDENTE KENNEDY	1.599,9	5.594,0	1.258,7
CARLITO PAMPLONA	1.238,5	4.692,7	1.055,9	JOÃO XXIII	3.644,6	7.489,7	1.685,2	QUINTINO CUNHA	2.770,0	7.520,8	1.692,2
CASTELÃO	2.150,2	5.935,9	1.335,6	JOAQUIM TÁVORA	576,0	1.149,9	258,7	RODOLFO TEÓFILO	1.271,2	4.009,0	902,0
CENTRO	737,7	2.299,8	517,4	JÓQUEI CLUBE	2.006,7	6.464,2	1.454,4	SABIAGUABA	4.188,4	9.820,6	2.209,6
CIDADE 2000	991,2	3.045,6	685,3	JOSÉ BONIFACIO	640,0	2.051,1	461,5	SALINAS	832,1	2.393,0	538,4
CIDADE DOS FUNCIONÁRIOS	1.536,5	4.754,9	1.069,9	LAGOA REDONDA	2.657,1	8.639,6	1.943,9	SÃO BENTO (PAUPINA)	3.140,5	9.665,2	2.174,7
COAÇU	2.788,8	8.981,5	2.020,8	LOURDES (PAPICU)	1.684,3	3.946,9	888,0	SÃO GERARDO	1.360,4	4.288,7	965,0
COCÓ	1.218,6	2.579,5	580,4	LUCIANO CAVALCANTE	1.104,0	3.729,3	839,1	SÃO JOAO DO TAUAPE	503,3	1.025,6	230,8
CONJUNTO CEARÁ I	2.132,6	9.199,0	2.069,8	MARAPONGA	2.913,6	8.546,4	1.922,9	SAPIRANGA	1.838,4	6.029,1	1.356,5
CONJUNTO CEARÁ II	2.664,1	10.442,1	2.349,5	MATA GALINHA	1.640,3	5.034,6	1.132,8	SERRINHA	1.680,1	5.873,7	1.321,6
CONJUNTO ESPERANÃA	2.503,5	10.784,0	2.426,4	MEIRELES	540,6	1.274,2	286,7	SIQUEIRA	2.772,9	11.592,0	2.608,2
CONJUNTO PALMEIRAS	3.657,2	8.484,2	1.909,0	MESSEJANA	1.928,1	6.775,0	1.524,4	VARJOTA	818,6	2.144,4	482,5
COUTO FERNANDES	1.344,3	5.998,0	1.349,6	MONDUBIM	2.653,8	9.665,2	2.174,7	VICENTE PINZON	1.223,9	3.698,3	832,1
CRISTO REDENTOR	2.264,8	5.966,9	1.342,6	MONTE CASTELO	1.152,0	4.102,3	923,0	VILA ELLERY	1.344,0	4.972,4	1.118,8
CURIÓ	2.086,8	7.489,7	1.685,2	MONTESE	1.295,4	5.780,5	1.300,6	VILA MANOEL SÁTIRO	3.588,4	9.447,6	2.125,7
DAMAS	1.153,0	4.071,2	916,0	MUCURIBE	973,8	2.579,5	580,4	VILA PERY	1.862,9	8.484,2	1.909,0
DEMÓCRITO ROCHA	1.578,1	6.339,9	1.426,5	PADRE ANDRADE	1.581,0	5.780,5	1.300,6	VILA UNIÃO	1.327,9	3.822,6	860,1
DENDÊ	2.235,2	7.054,7	1.587,3	PAN AMERICANO	2.169,3	5.345,4	1.202,7	VILA VELHA	3.119,0	9.509,8	2.139,7
DIAS MACÊDO	1.176,6	3.978,0	895,0								

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os resultados demonstrados na Tabela 17 representam a PH do transporte que os trabalhadores utilizam para se deslocar de suas residências até o local da obra (percurso de ida e volta), seja por ônibus, carro ou moto. Por exemplo, no bairro Aerolândia, se o trabalhador fizer o percurso de ida e volta de ônibus do seu bairro até o local da obra gasta 11,7 km. Sabendo-se que o ônibus utiliza diesel como combustível, e que o ônibus de modelo semipesado faz 2,43 km/l de diesel, então no percurso de 11,7 km gastará 4,8164 l de diesel. Para este quantitativo de diesel multiplica-se o valor da PH do biodiesel da soja (Tabela 16) que é 11.400 l, ou seja, o montante gasto de água (PH) é de 54.907,65 l por ônibus. Dividindo a PH do ônibus

pela capacidade máxima de passageiros (80 passageiros), tem-se a mensuração da PH do trabalhador que, por exemplo, mora no bairro Aerolândia no montante de 686,3 l (Tabela 17).

A última tabela que complementa os cálculos da PH do trabalhador é a Tabela 18 (PH das vazões médias - chuveiro, torneira, bebedouro e descarga) que evidencia as vazões utilizadas dentro e fora da obra, necessárias para cálculo de uma parte da PH Direta. Tais vazões foram utilizadas para cálculo das questões 20 a 24 bebedouro, dentro da obra; da questão 25 chuveiro, dentro da obra; das questões 26 e 29 a 32 torneira, dentro da obra; das questões 33 a 35 descarga, dentro da obra; das questões 38 a 40 chuveiro, fora da obra; das questões 42 a 45 descarga, fora da obra; e das questões 46 a 50 torneira, fora da obra.

Tabela 18 - PH das vazões médias - chuveiro, torneira, bebedouro e descarga

Campo	Vazão	Unidade
Vazão bebedouro	0,01388889	L/seg
Vazão chuveiro	6,57534247	L/min
Vazão torneira	3,00000	L/min
Vazão descarga - caixa c/engate PVC	6,8	L/descarga
Vazão descarga - bacia acoplada Celite	6,0	L/descarga

Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados da pesquisa (2014).

As vazões utilizadas tanto dentro, quanto fora da obra, foram as mesmas aferidas no canteiro de obras (dentro da obra), pois seria inviável aferir cada tipo de vazão para cada trabalhador. Nos chuveiros, as vazões foram medidas com balde de 8,0 l (Figura 30). Com relação ao bebedouro, as torneiras e as descargas, as vazões foram obtidas diretamente com os fornecedores, sendo a vazão do bebedouro marca Kent e Frito c/02 bicos tipo Jatos de 50 l/h; a vazão da torneira de PVC Simples de 3/4" ou 1/2" marca Viqua de 50 ml/s e a vazão da descarga com engate de PVC simples de sobrepor da marca Plena Tigre tem a capacidade 6,8l e a descarga com bacia acoplada da marca Celite tem a capacidade de 6,0l.

Figura 30 - Balde de 8 l para medição da vazão do chuveiro



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

5.2.2 *Materiais*

Da Curva ABC de Insumos, 419 itens foram divididos em: 389 como Materiais (76,92% da curva) e 30 como Mão de Obra (23,08% da curva). Os 30 itens de Mão de Obra foram estudados separadamente pela metodologia especificada no item 4.3.1 desta pesquisa, enquanto que o restante dos 389 itens foram analisados criteriosamente buscando eliminar os itens que não tinham qualquer componente hídrico de forma evidente, como por exemplo administração central, impostos sobre vendas, elevadores, despesas de corretagem, vigilância armada, dentre outros (94 itens). Após eliminação de 94 itens foi enviada ‘Carta Padrão’ (Apêndice A) a 60 fornecedores que responderam pelo fornecimento dos 295 itens. Os fornecedores, por sua vez, responderam as informações da seguinte forma: 148 itens (48,50% da curva) não possuem componente hídrico direto em suas fabricações, 19 itens (4,07% da curva) ainda não foram respondidas as solicitações e 128 itens (24,35% da curva) foram respondidas por 31 fornecedores informando os componentes hídricos direto utilizado no processo de produção (indireto para a construtora adquirente destes insumos).

Os 128 itens que possuem componentes hídricos foram divididos em quatro grupos para demonstrar a veracidade dos dados expostos: (1) informação exata do fornecedor, (2) informação dada pelo fornecedor para ser transformada, (3) informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio e (4) informação obtida na literatura. Todos os grupos possuem os seguintes dados expressos nos seus respectivos Apêndices: descrição dos materiais, unidade de medida em que os materiais foram aplicados na obra, quantidade de cada material que foi utilizado – a qual será multiplicada pela PH deste material -, percentuais (individual e acumulado) da relevância financeira do material na Curva ABC de Insumos, pegada hídrica

informada pelo fornecedor na unidade de medida de produção, pegada hídrica (em l) convertida quando necessário pela unidade de medida da aplicação do material, total da pegada hídrica do material utilizado na obra, percentual do item sobre a pegada hídrica total e informação de como foram obtidos os dados de pegada hídrica.

O primeiro grupo, composto por 92 itens (Apêndice D), corresponde aos componentes hídricos informados pelos fornecedores em resposta à solicitação feita por ‘carta padrão’ (Apêndice A). Nesses itens não foram feitas quaisquer conversões nas unidades de medida, uma vez que os fornecedores deram a informação na unidade de medida em que os materiais foram aplicados.

Dos 92 itens, sete representam 83,61% da PH total do ‘Grupo 1’ dos materiais utilizados na obra em um volume de 29.942.004,4 l de água, são estes: ferro CA-50 12,5mm, ferro CA-50 25,0mm, ferro CA-50 20,0mm, ferro CA-50 10,0mm, ferro CA-50 16,0mm, ferro CA-50 6,3mm e ferro CA-50 8,0mm. Individualmente, os itens de maior PH neste grupo são plasterit para lajes nervuradas 61x61 cm (PH de 625 l/und), combogó de concreto 11x15x32 cm antichuva (PH de 505,8 l/und) e caixa para laje nervurada h=26cm (PH de 441 l/und).

O segundo grupo, composto por 17 itens (Apêndice E), corresponde também aos componentes hídricos informados pelos fornecedores em resposta à solicitação feita por ‘carta padrão’ (Apêndice A). Nesses itens foram feitas conversões nas unidades de medida dos fornecedores para a unidade de medida de aplicação dos materiais na obra, segundo orientações dos próprios fornecedores ou de padrões estabelecidos na construtora estudada.

Dos 17 itens, cinco representam 91% da PH total do ‘Grupo 2’ dos materiais utilizados na obra em um volume de 42.928,0 l de água, são estes: bacia sanitária com caixa acoplada Riviera com Ecoflush (34,5 kg), rodete de gesso Tabica, bacia sanitária com caixa acoplada Azaléa ref. 91570 (33,845 kg), tanque de louça Celite 22 l ref. 51203 (29,2 kg) e Bianco. Individualmente, os itens de maior PH neste grupo são três que coincidem com os de maior uso volumétrico, sendo: bacia sanitária com caixa acoplada Riviera com ecoflush (34,5 kg), bacia sanitária com caixa acoplada Azaléa ref. 91570 (33,845 kg) e tanque de louça Celite 22 l ref. 51203 (29,2 kg).

O terceiro grupo, composto por 18 itens (Apêndice F), oriundo da resposta obtida de um único fornecedor através de ‘carta padrão’ (Apêndice A), compreendendo os itens que independente de terem sofrido alguma conversão nas unidades de medidas foram obtidos com base em critério de rateio. Neste caso, o fornecedor dos produtos em granito informou que para a produção de corte e acabamento de peitoril, soleiras, bancadas, chapim, balcão, divisórias e afins, o volume de água é de 2.000 l, sendo o mesmo renovado a cada dois ou três meses, através

de uma limpeza geral, pois a água é rotativa nos reservatórios. Desta forma, utilizou-se este volume para apropriar proporcionalmente aos 18 itens fabricados pelo mesmo, no montante de 1.181,1 l, dando maior destaque ao item filete em granito Juparaná Gold (l=7x2cm) por seu maior volume de consumo de água neste grupo e no consumo individual deste grupo a maior pegada hídrica é do filete de granito *Imarf Paladium* polido Meruoca (l=5x2cm).

O quarto grupo é somente o item manual do proprietário/síndico que foi calculado pela multiplicação da quantidade de folhas existentes neste manual e depois pela quantidade de proprietários (70). O montante de 70 manuais entregues foram calculados pela PH da folha de papel A4 disponível na literatura como 10 l/folha, dando a PH de cada manual em 1.491 l. Desta forma, o volume 104.370 l refere-se ao total da PH de todos os 70 manuais confeccionados.

Os valores das PHs de cada material utilizado na construção civil imobiliária desse empreendimento estudado, pode ser utilizado como parâmetro para o cálculo da PH Direta do fornecedor de insumos e Indireta dos empreendimentos imobiliários semelhantes. O montante total mensurado nos 127 específicos da atividade de construção civil é de 30.100.539,5 l de água.

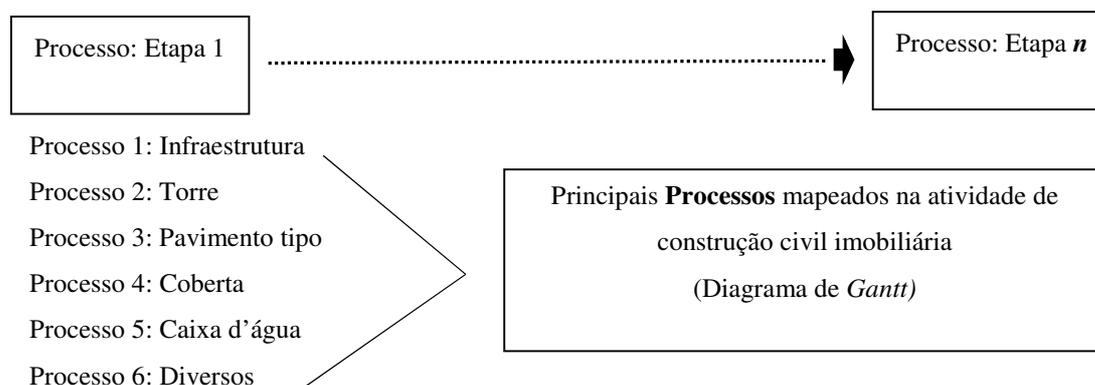
5.2.3 *Serviços*

O Serviço é um dos principais elementos na composição do produto na atividade de construção civil, uma vez que ao longo do processo de produção e transformação, todos os Materiais utilizados necessitam de Mão de Obra, seja ela própria ou de terceiros. Esses processos, definidos na literatura segundo Hoekstra et al. (2011), como o início do sistema de produção para composição da pegada hídrica, e evidenciados no Diagrama de *Gantt* (Figura 31) pelo agrupamento das atividades executadas, ratificam que a soma das pegadas hídricas dos Processos compõem o ‘sistema de produção’.

Segundo a classificação da PINI (2010), a composição dos serviços de obra necessitam de insumos para se efetivarem, insumos estes que são formados por Materiais, Mão de Obra e Equipamentos. Em linhas gerais, basicamente, todos os componentes utilizados na atividade de construção civil são chamados de ‘Insumos’, porém os processos de transformação desses Insumos são compostos por Materiais (na Curva ABC de Insumos), Serviços (na Curva ABC de Serviços), Mão de Obra (na Curva ABC de Insumos) e Equipamentos (na Curva de Insumos, porém neste trabalho foram segregados pela construtora).

Dentro desse contexto, a classificação dos Processos, segundo Hoekstra et al. (2011), realizada no Diagrama de *Gantt* (Figura 31) evidencia que os Processos são etapas de prestação de serviços na construção civil (Figura 32).

Figura 32 - Pegadas hídricas dos Processos no sistema de produção na construção civil



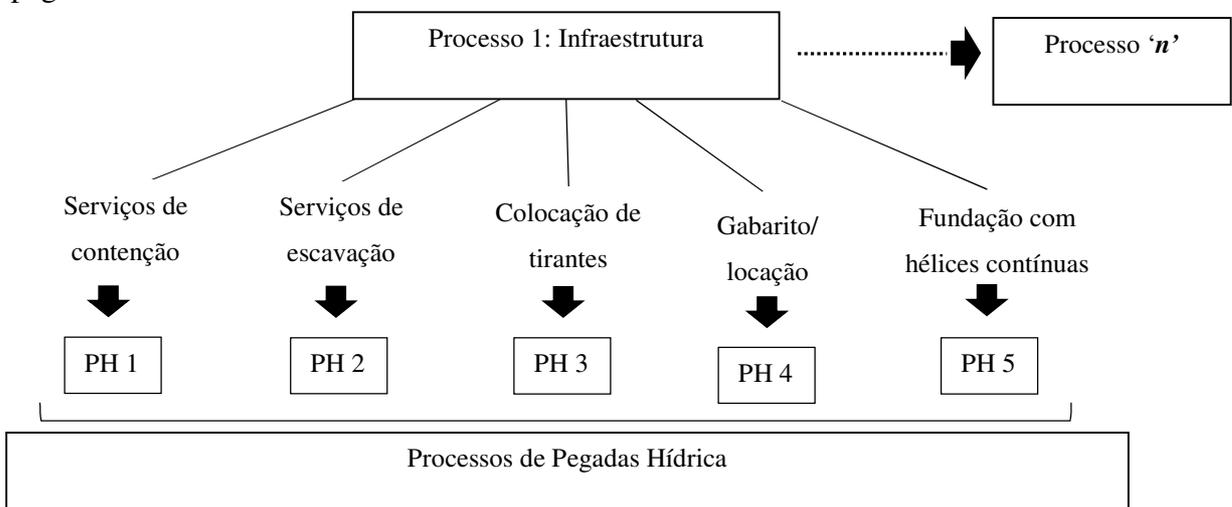
Fonte: Elaborada pela autora (2014).

De acordo com o que fora abordado no esquema do sistema de produção do produto ‘p’ em ‘k’ passos de processo - inserida no item 2.2.1 da Revisão Conceitual - em consonância com o que fora demonstrado no Diagrama de *Gantt* (Figura 31) os Processos tanto podem ocorrer em série, como em paralelo – por isso a ordem que aparecem no Diagrama não é sempre a mesma ordem em relação aos Processos.

Para tanto, o Diagrama de *Gantt* descreve que cada processo que é composto por um conjunto de atividades vinculadas a ele, a fim de que sejam calculadas – na segunda fase - as pegadas hídricas dessas atividades compostas por Mão de Obra, Materiais e Serviços. Ele mostra não somente os processos (atividades) que ocorrem na construção civil imobiliária, mas o período necessário para execução de cada processo.

Em continuidade à esquematização do ‘sistema de produção’, para mensuração da pegada hídrica do produto ‘edifício residencial’ – decorrente da construção civil imobiliária -, a Figura 33 demonstra que cada Processo (atividade) representa um ou mais subprocessos executados em diversas Etapas, as quais utilizam Materiais, Mão de Obra e Equipamentos (este último grupo apesar de utilizado, não foi mensurada a pegada hídrica no presente estudo). Por exemplo, no Processo ‘Infraestrutura’ representado por subprocessos de serviços de contenção, serviços de escavação, colocação de tirantes, gabarito/locação e fundação com hélices contínuas (etapas).

Figura 33 - Representação de um Processo com suas etapas ou subprocessos para cálculo da pegada hídrica



Fonte: Elaborada pela autora, adaptada da Figura 7 (2014) e Hoekstra et al. (2011).

A Figura 33 representa somente um dos Processos formado por diversos subprocessos, onde cada um deles é um Serviço que utiliza água em sua execução, conseqüentemente há mensuração de pegada hídrica (PH). Além dos Serviços utilizarem água, também levam Materiais (item 4.2.2 deste estudo) que possuem componente hídrico e são executados por Mão de Obra que consome água (item 4.2.1 deste estudo). Os demais Processos (Diagrama de *Gantt*) e conseqüentes 92 Serviços, que utilizam água, em suas execuções estão expostos no Apêndice G. Alguns Processos evidenciados no Diagrama de *Gantt* não foram mapeados no presente estudo (a) por não utilizarem água diretamente em suas execuções ou (b) por falta de controles internos para fins de mensuração do consumo de água, sendo estes: processos de infraestrutura (contenção, escavação, tirantes, gabarito/locação, e fundação hélice contínua), de torre (estrutura, boras bruta e fina, acabamentos e limpeza), pavimento tipo (pacote de impermeabilização, de divisórias de gesso, de varandas, de revestimento de gesso,

de forro, de pintura interna, de esquadrias de alumínio, de esquadrias de madeira, de louças e metais/tomadas e interruptores, de pintura e acabamentos e de limpezas), caixa d'água, e diversos (Tabela 19).

Tabela 19 - Processos que envolvem serviços sem água ou sem mensuração do consumo de água

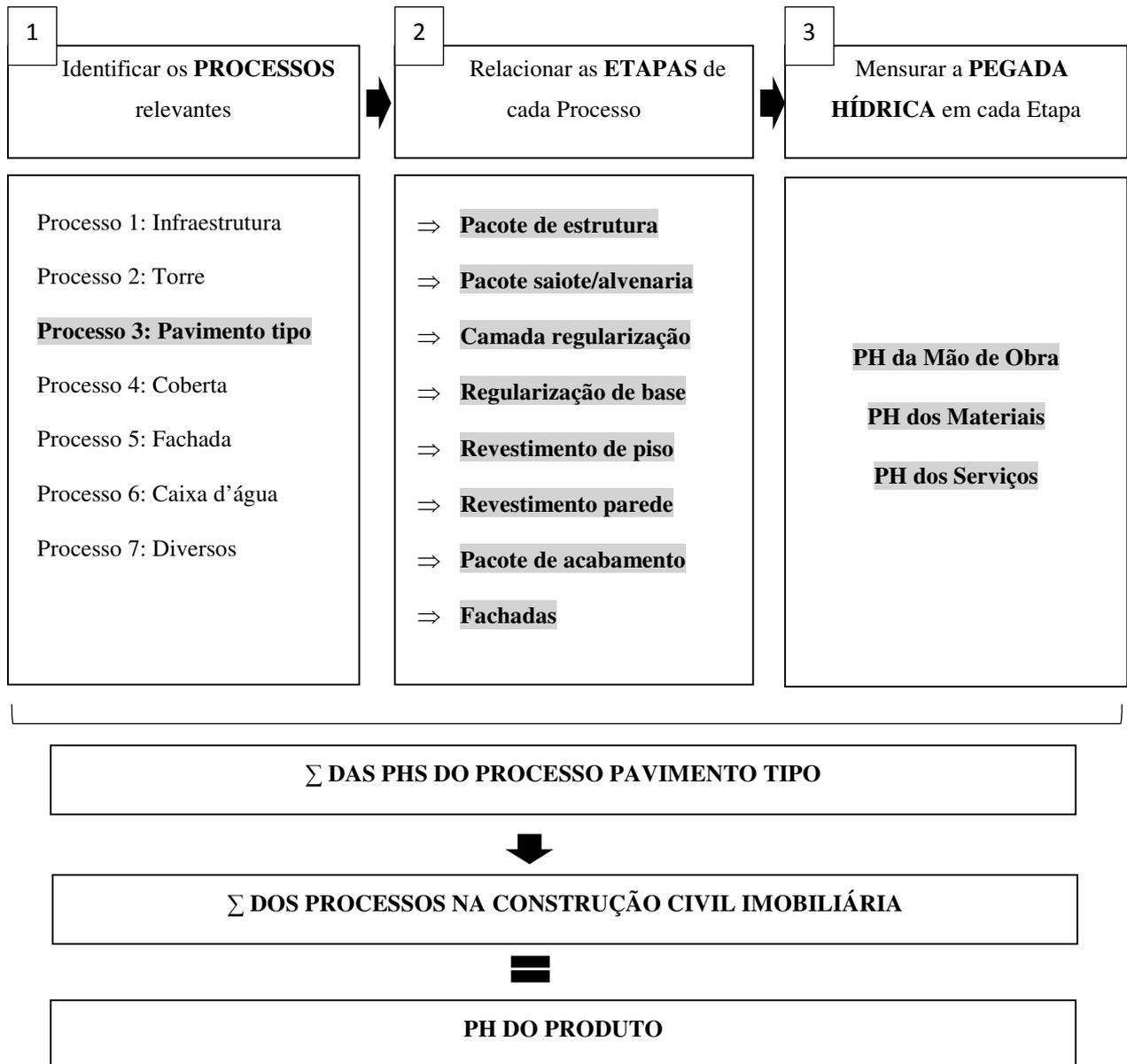
Processos			
(a) Não utilizam água na execução do serviço		(b) Utilizam água na execução do serviço, mas não possuem controles internos de mensuração	
1	Infraestrutura: escavação	1	Infraestrutura: contenção
2	Infraestrutura: gabarito/locação	2	Infraestrutura: tirantes
3	Torre: obras bruta e fina	3	Infraestrutura: fundação (hélice contínua)
4	Pavimento tipo: pacote impermeabilização	4	Torre: estrutura (blocos/sapatas e outros)
5	Pavimento tipo: pacote de varandas	5	Torre: acabamentos
6	Pavimento tipo: pacote de divisórias gesso	6	Torre: limpeza
7	Pavimento tipo: pacote de forro	7	Pavimento tipo: limpeza grossa
8	Pavimento tipo: pacote revestimento gesso	8	Pavimento tipo: limpeza fina
9	Pavimento tipo: pacote pintura interna	9	Coberta: estrutura
10	Pavimento tipo: pacote esquadria alumínio	10	Coberta: obras bruta e fina
11	Pavimento tipo: pacote esquadria madeira	11	Coberta: limpeza
12	Pavimento tipo: pacote louças e afins	12	Caixa d'água: estrutura
13	Diversos: instalações	13	Caixa d'água: obras bruta e fina
14	Diversos: elevadores	14	Caixa d'água: limpeza
15	Diversos: grupo gerador		
16	Diversos: benfeitorias		

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Esses processos (Tabela 19), oriundos do Diagrama de *Gantt*, não apresentam os respectivos serviços executados que podem utilizar água, mas não foram mensurados seus consumos ou que ainda não utilizam água.

A fim de evidenciar um fluxograma completo da mensuração da pegada hídrica, a Figura 30 demonstra essa cadeia na atividade de construção civil imobiliária, utilizando como exemplo um dos Processos relevantes, o de Estrutura.

Figura 34 - Fluxograma da mensuração da PH



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A atividade de construção civil em seu nível mais complexo é basicamente montada por diversos serviços (Curva ABC de Serviços). Dentro desse contexto, para a obtenção dos dados da Curva ABC de Serviços (293 itens) após realização de todos os procedimentos apontados no item 4.1 deste estudo, 201 itens (82,82% da curva) foram retirados por não apresentarem água no processo de execução ou por falta de medição do componente hídrico e 92 itens (17,03% da curva) evidenciaram componentes hídricos em suas execuções, tanto na utilização de concretagem como na utilização de argamassas – esta última pelo uso do fator A/C.

Vale ressaltar que a qualidade dos concretos e argamassas depende indiretamente da dosificação e diretamente do fator A/C, influenciando o incremento da resistência à compressão. Quanto maior for o fator A/C, menor será a resistência dos concretos e argamassas. Para obter concreto muito resistente, a quantidade de água de amassamento deve ser tal que não apareçam vertendo na superfície, a não ser depois de vibrados e adensados. A quantidade de água de amassamento deve ser a mínima compatível com as exigências da colocação na obra. A água em excesso é prejudicial a resistência dos concretos e argamassas.

Outra consideração relevante à quantidade de água necessária à mistura nos traços de concretos e argamassas é a umidade natural contida na areia e por isso se faz necessário a sua determinação ou proceder ao ajuste experimental até a obtenção da quantidade de água ideal para o traço, porém esta análise não foi verificada no presente estudo, uma vez que os traços utilizados já foram previamente calculados e definidos pela empresa estudada. Desta forma, o Apêndice H representa os 92 Serviços que utilizam água em seu processo de execução, de acordo com uma comparação feita utilizando a Tabela de Custos da SEINFRA-CE (2014).

O detalhamento dos cálculos efetuados para se chegar à PH dos 92 Serviços listados no Apêndice H foi procedido da seguinte forma:

1. Todos os serviços selecionados utilizam argamassa ou concretagem com componente hídrico, ou seja, com utilização de água em suas execuções, onde a argamassa pode ser própria ou adquirida de terceiros (colante). Na coluna 'Tipo' deste apêndice foi colocado 'A' para os serviços que utilizam argamassas pré-fabricadas (colantes) ou fabricadas na obra e 'C' para os serviços que utilizam concreto, neste último também a informação do fator A/C para cálculo da proporcionalidade exata do volume de água utilizado;
2. Em cada um desses serviços (da Curva ABC de Serviços) foram identificados os Materiais (da Curva ABC de Insumos) que seriam utilizados na consecução dos mesmos, com a finalidade de verificar se o montante de material previsto na Curva ABC de Insumos condizia com o montante de serviço previsto na Curva ABC de Serviços, apesar de nem sempre a unidade de medida dos materiais ser a mesma unidade de medida dos serviços, quando eram diferentes, foi procedida a conversão do quantitativo do material para o quantitativo de serviços (Tabela 20);

Tabela 20 - Exemplo de validação do quantitativo de materiais x serviços da obra

Código	Descrição Serviços	Água	Fabricação (P/T)	Unid.	Quant.	Diferença		
						Tijolos	Quant.	%
Serviço 1	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO 1/2 VEZ	S	P	M2	15.703,05	392.576,3		
Serviço 2	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO DOBRADA	S	P	M2	2.505,43	125.271,5		
Material	TIJOLO FURADO (CERÂMICO)	S	T	UND	571.393,57	517.847,8	53.545,82	9,37%

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

O exemplo mostrado na Tabela 20 para o material tijolo furado (cerâmico) corresponde aos serviços de alvenaria de tijolo cerâmico 1/2 vez e de alvenaria de tijolo cerâmico dobrada, ambos compostos por tijolo, areia e água, onde para cada m² de alvenaria de tijolo cerâmico 1/2 vez são utilizados 25 tijolos e de alvenaria de tijolo cerâmico dobrada são utilizados 50 tijolos, de acordo com a Tabela da SEINFRA-CE (2014). Desta forma, multiplicando-se as quantidades de tijolos pela quantidade de m² executados em cada serviço tem-se, respectivamente, 392.576,25 unidades e 125.271,5 unidades, totalizando 517.847,75 tijolos cerâmicos. A Tabela 20 evidencia um total de 571.393,57 unidades, ou seja, uma variação na quantidade de tijolos cerâmicos de 9,37% a mais que o necessário para atender esses dois serviços. Esta diferença representa o montante de tijolos que a empresa destina para reserva técnica da obra (quebras, ajustes e outros), conseqüentemente valida a conferência utilizada.

3. Após a validação dos serviços executados com os materiais utilizados e consequente conversão das unidades de medidas originais para as unidades de medidas utilizadas na execução dos serviços - quando necessária - foram identificados nos serviços que utilizam argamassa ou concretagem e inseridos na coluna correspondente o fator A/C de cada serviço, de acordo com as especificações utilizadas pela construtora para o empreendimento estudado. Os serviços que utilizaram argamassa própria possuem o fator A/C 0,66, 0,9 ou 1,0, enquanto que os que utilizaram concretagem possuem o fator A/C 0,55. O mesmo procedimento foi dado ao uso de argamassa colante, no que tange à inserção do tipo de argamassa utilizada, onde o fator de proporcionalidade 'água + argamassa' (fator A/S) para os serviços sujeitos ao uso desta argamassa, no caso de assentamentos de revestimentos, foi de 0,25 l/kg para todas as argamassas fornecidas (AC1, AC2, AC3 e AC3E). Desta forma, para se obter o valor da PH dos serviços sujeitos ao uso de argamassa colante basta multiplicar a quantidade de quilos de argamassa utilizada no serviço e informado na coluna

‘argamassa colante’ do Apêndice H pelo valor da PH de um quilo de argamassa (0,25 l/kg). A Tabela 21 demonstra três exemplos de serviços mencionados no Apêndice H: com o uso de argamassa colante, com o uso de argamassa própria e com o uso de concreto;

Tabela 21 - Exemplos da metodologia utilizada para cálculo da PH dos serviços

SERVIÇOS CURVA ABC QUE ENVOLVEM DIVERSOS COMPONENTES (UTILIZAR FATOR ÁGUA DE ACORDO COM CADA COMPONENTE)														
Código	Descrição	UN.	Quantidade		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao								
			Original	Conversão		Fator A/C ou	Cimento (kg)	Cimento Branco (Kg)	Argamassa Colante (Kg) AC1	Argamassa Colante (Kg) AC2	Argamassa Colante (Kg) AC3	Argamassa Colante (Kg) AC3E	PH Serviços (em l)	
Serviço 1	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM - PISO	m ²	7.418,13	-	A	AC3E	-	-	-	-	-	-	8,0000	16,00
Serviço 2	CONTRAPISO DE CONCRETO E=7CM	m ²	14.199,84	-	C		-	-	-	-	-	-	-	-
					C1611	0,55	11,0000	-	-	-	-	-	-	6,05
Serviço 3	EMBOÇO INTERNO	m ²	9.016,43	-	A		-	-	-	-	-	-	-	-
					C1220	0,9	9,7200	-	-	-	-	-	-	8,75

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os três exemplos de serviços evidenciados na Tabela 21 são porcelanato Portobello Gea Marble Super Gloss 60 x 60 cm (piso), contrapiso de concreto e=7cm e emboço interno. O primeiro serviço (Serviço 1) utiliza para aplicação de cada m² de porcelanato 8 kg de argamassa colante (tipo AC3E), o equivalente a 16 l de água por m² (8 kg x 0,25 l), considerando que cada quilo de argamassa colante utiliza 0,25 l de água. Para o segundo serviço (Serviço 2) é utilizado o uso de concreto para execução do mesmo, onde de acordo a codificação C1611 (dada pela Tabela da SEINFRA-CE) são necessários 11 kg de cimento para aplicação de cada m² de contrapiso de concreto, multiplicando pelo fator A/C de 0,55, tem-se uma PH deste serviço de 6,05 l/m². O terceiro serviço (Serviço 3) utiliza argamassa fabricada na própria obra, onde de acordo com a codificação C1220 (dada pela Tabela da SEINFRA-CE) são necessários 9,72 kg de cimento para aplicação de cada m² de emboço interno, multiplicando pelo fator A/C de 0,9, tem-se uma PH deste serviço de 8,75 l/m². Nestes três serviços para obtenção da PH destes faz-se necessário, somente, a multiplicação de cada PH do serviço pela quantidade de m² em que foram aplicados.

Todos os 92 serviços foram identificados na Tabela da SEINFRA-CE (2014), exceto o serviço de instalação do balcão granito Juparaná Gold churrasqueira, que não possui a PH por conta deste fator de limitação. O total da PH evidenciada no Apêndice H, para os demais 91 serviços, é de 584.427.950,0 l água.

Esses serviços representam 17,03% da Curva ABC de Serviços, no que tange à sua relevância financeira, apontando maior pegada hídrica individual ao item de proteção mecânica

(PH de 48.400 l/m²) e a segunda maior pegada hídrica individual, simultaneamente, para os itens contra verga de concreto e verga de concreto (PH de 1.802 l/m). No volume total da PH dos Serviços, o serviço de proteção mecânica quando multiplicado pela quantidade de m² aplicada redundou em 583.297.440,0 l de água, equivalente a 99,81% do volume de água utilizado na execução de todos os serviços que utilizam água, mapeados neste estudo.

6. RESULTADOS

Com base na revisão da literatura sobre indicadores de sustentabilidade ambiental, avaliação do ciclo de vida dos produtos e aplicabilidade da pegada hídrica como ferramenta de mensuração do consumo de água na atividade de construção civil imobiliária, a construção entre a revisão teórica e a metodologia utilizada foi evidenciada da seguinte forma: em linhas gerais, para os indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados no empreendimento construído e para a avaliação do ciclo de vida dos produtos durante o período da obra, e de forma específica para a aplicação da pegada hídrica como ferramenta de mensuração do consumo da ‘água azul’ na atividade de construção civil.

6.1 Indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil imobiliária e avaliação do ciclo de vida (ACV)

Os resultados apontam as principais evidências da utilização dos indicadores de sustentabilidade ambiental para o recurso natural ‘água’. No que tange aos indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados no empreendimento construído, observou-se uma economia de água obtida com a irrigação automatizada e o aproveitamento da água da chuva, em mais de 50% em relação ao *baseline* americano, de acordo com os relatórios da Coletânea *Lean & Green* (MOURÃO; VALENTE, 2013), emitidos pela construtora. Além destas duas medidas, o empreendimento foi entregue com medidores individualizados de água, energia e gás e com bacias acopladas de duplo fluxo em atendimento ao que fora abordado por Vijayan e Kumar (2005) e Berardi (2012) sobre a aplicabilidade do modelo LEED para avaliar a construção de edifícios sustentáveis. A certificação LEED obtida para tal empreendimento foi de nível básico com 46 pontos.

De acordo com Vijayan e Kumar (2005) e Berardi (2012), o modelo de projeto baseado em norma LEED aplica-se à eficiência dos recursos hídricos nos itens paisagismo (jardinagem) com aproveitamento de água não potável, inovação e tecnologia de águas residuais e redução do uso da água. Destes três itens dois foram atendidos no empreendimento estudado, sendo eles paisagismo com aproveitamento de água não potável e redução do uso da água.

Alguns indicadores de sustentabilidade ambiental, relacionados por Fernández-Shanchem e Rodríguez-López (2010) com aplicação aos recursos hídricos, foram evidenciados no empreendimento estudado, dentre eles medidores individualizados de água; paisagismo eficiente com uso de plantas nativas (que geram menor demanda de rega); irrigação

automatizada e aproveitamento da água da chuva; louças e metais de baixo consumo; plano de gestão de águas de chuva com cálculo de escoamento superficial pré e pós-desenvolvimento e influência na capacidade crítica da galeria pluvial receptora; plano de controle de erosão e sedimentação no canteiro de obras. Desta forma, a aderência entre os indicadores de sustentabilidade praticados pela empresa no empreendimento construído e a literatura é de 100% (poupança de água, consumo de água, proteção de recursos hídricos e controle e monitoramento do consumo de água).

Atualmente, a empresa está desenvolvendo o relatório de sustentabilidade ambiental com base nas diretrizes do GRI (*Global Reporting Initiative*), o qual recomenda uma série de indicadores dentro dos âmbitos econômico, social, ambiental e outros, que parcialmente atendem ao uso de metodologias que avaliam o desempenho da empresa. Essa iniciativa atende parcialmente à metodologia utilizada por Presley e Meade (2010) - EPMM (*EverSystems Project Management Methodology*) ao abordarem o uso de metodologias que avaliam e ajudam no desempenho dessas empresas, apresentando medições de desempenho e de *benchmarking*. A criação de uma matriz de indicadores de sustentabilidade, proposta por Presley e Meade (2010), nas dimensões econômica, ambiental e social, foi evidenciado no empreendimento construído pelo foco dado à construção sustentável, tendo por exemplo no indicador 'eficiência da água', quanto maior o resultado (peso da estratégia *versus* peso do indicador), melhor.

O embasamento teórico de práticas sustentáveis confirma o que a economia ecológica desenvolvida para o empreendimento se apoia em uma sustentabilidade 'forte', uma vez que possui indicadores mensurados em unidades físicas e utiliza a ideia de recompensa econômica pela diminuição dos danos ambientais, tais como o plantio de uma árvore na cidade para cada m² de área de terreno adquirido pela construtora para a construção de edifícios. Segundo Turner e Pearce (1992, *apud* SOUZA FILHO, 2005), a sustentabilidade 'forte' identifica um patamar mínimo aceitável para os estoques naturais (En) em virtude de incertezas dos processos, de irreversibilidade, de necessidade de suporte à vida e de aversão aos riscos sociais humano, sob o ponto de vista de avaliação custo/benefício.

Observou-se que dos diversos indicadores de sustentabilidade ambiental utilizados na construção civil imobiliária, poucos evidenciam os recursos hídricos. Tal constatação enfatiza a importância do presente estudo ao permitir a criação de um indicador de sustentabilidade neste segmento de negócio – pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária.

Em relação aos resultados verificados, em linhas gerais também, para a avaliação do ciclo de vida (ACV) dos produtos (materiais) utilizados na elaboração do empreendimento

estudado observou-se nas portas adquiridas. Estas foram confeccionadas pela utilização de materiais reciclados, regionais (cuja extração da matéria-prima e manufatura ocorrem em um raio de até 800 km da obra) e as madeiras possuem certificação ambiental FSC (*Forest Stewardship Council*) - organização independente, fundada a partir da necessidade de garantir a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável das florestas em todo o mundo, através de um conjunto de normas denominadas Princípios e Critérios, que pretendem garantir a longo prazo a existência da floresta. Segundo Mroueh (2001), a adoção de produtos que possuem essas práticas evidencia o uso do ACV como objeto minimizador dos impactos ambientais.

Dentro desse enfoque, os resíduos da obra foram acompanhados pela criação de um programa interno denominado 'Projeto de Gerenciamento de Resíduos', controlando a correta destinação final dos resíduos, o acompanhamento do volume de resíduos gerados ao longo do período de execução da obra através de um indicador métrico calculado pela soma dos resíduos (em m³) dividida pela área construída (m²), buscando atingir uma meta máxima de 9 cm de altura (resíduo). No empreendimento estudado, o máximo conseguido foi de 10 cm de altura.

Como fora evidenciado por Koehler (2008) e Milà i Canals et al. (2009) é necessário que estudiosos de ACV dêem a devida atenção ao uso da água doce, a fim de vencer problemas como a limitação dos recursos de água doce e consequente necessidade de medi-la, utilizando o consumo e a poluição da água como um elemento-chave para os estudos de ACV.

Analisando a metodologia exposta por Bragança e Matheus (2012) no empreendimento estudado, a ACV aplica-se na fase de aquisição de materiais como as portas de madeira que possuem o selo da FSC; na fase de operação e em estágio de desenvolvimento, respectivamente, pela substituição de torneiras e chuveiros mais resistentes à pressão da água e pelo projeto de caracterização dos resíduos para reuso como agregados reciclados no contrapiso; na fase de demolição/tratamento, pelo gerenciamento dos resíduos para empresas que tratam os mesmos de maneira segregada; na fase de impactos ambientais, somente, para emissão do ar, no que tange à implementação da ISO 14064 (gases do efeito estufa).

De forma objetiva evidencia-se que a água inserida na literatura de ACV é incipiente no contexto da construção civil imobiliária, porém em uma visão futurista após suas estimativas de mensuração é fundamental realizar uma avaliação do ciclo de vida (ACV) da mesma, buscando informações sobre a sustentabilidade da pegada hídrica de um produto em um ou vários índices. Esta proposta está inclusa nos objetivos da ACV ao avaliar o impacto ambiental global dos produtos, do uso dos recursos hídricos e da qualidade da água, dentre outros, através de índices únicos.

No presente estudo, a obtenção da estimativa de consumo de água (em volume) na atividade de construção civil (produto) deve ser utilizada, posteriormente, como um elemento-chave para avaliação do ciclo de vida (ACV) deste produto. Portanto, a pegada hídrica azul de um produto pode ser utilizada como indicador na ACV, tanto em relação ao seu volume apropriado (consumido), como em relação aos impactos ambientais locais relacionados a essa apropriação no contexto de escassez de água azul na bacia onde ocorre a pegada.

Tanto nas evidências teóricas sobre os indicadores de sustentabilidade ambiental, quanto sobre a avaliação do ciclo de vida do produto (ACV), pelo uso da água na atividade de construção civil imobiliária, precisam ser mais estudadas em pesquisas futuras, permitindo assim que a pegada hídrica possa ter uma avaliação completa de seu escopo, não somente de mensuração, mas de avaliação de impactos de sustentabilidade e de vida útil do produto.

6.2 Pegada hídrica na construção civil imobiliária

A análise dos resultados da pegada hídrica ‘azul’ está baseada na divisão dos itens de Mão de Obra, Materiais e Serviços e posterior agrupamento por tipo (direta e indireta) e localização ou abrangência (dentro e fora da obra) da pegada hídrica no produto de construção civil imobiliária.

6.2.1 Mão de obra

A pegada hídrica da Mão de Obra, segundo a teoria de Hoekstra et al. (2011), é denominada ‘pegada hídrica de um consumidor’ representada pelo volume total de água consumido e poluído pela produção de bens e serviços consumidos pelo consumidor. Seu cálculo é adicionado pelo uso direto e indireto da água pelas pessoas, onde o uso direto é o consumo de água e a poluição associados ao uso da água e o indireto é obtido multiplicando-se todos os bens e serviços consumidos pelas suas respectivas pegadas hídricas.

Para obtenção do volume de água consumido pela Mão de Obra foi aplicado questionário com uma amostra representativa de 90 trabalhadores, apesar de a quantidade necessária ser somente 86 trabalhadores. A fim de validar os dados apresentados foram calculados média, desvio padrão e coeficiente de variação do total da amostra, das funções de pedreiro e servente (maior quantidade de trabalhadores na obra), conforme Tabela 22.

Tabela 22 - Validação da amostra de 90 trabalhadores

Validação da amostra	Geral	Pedreiros	Servente
Quantidade de trabalhadores	90	27	29
Média (em l)	161.737,4	156.323,4	58.402,2
Desvio padrão (em l)	35.507,7	29.330,0	34.099,3
Coefficiente de variação	0,21954	0,18762	0,21527

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Os dados da Tabela 22 expressam que a amostra é válida para fins de consolidação do volume de água consumido pelos demais trabalhadores da obra. As médias mensais calculadas para o total da amostra (90 trabalhadores), para os pedreiros (27 trabalhadores) e para os serventes (29 trabalhadores) evidenciam a PH de, respectivamente, 161.737,4 l, 156.323,4 l e 58.402,2 l. Estes valores demonstram baixo desvio padrão em relação à média (coeficiente de variação) inferior a 1,0, evidenciando que não há discrepância relevante dentro da amostra. Considerando os valores válidos e multiplicando-os pelo número de observações (ocorrências) do diagrama efetivo da Tabela 12, resulta o volume de 1.124.068,2 m³/obra ou 1.124.068.200,0 l (Tabela 23).

Tabela 23 - PH Mão de Obra por função (período da obra)

Função	PH mês/função (em l)	N_ocorr (pessoas x mês)	Consumo (m ³)
Ajudante de carpinteiro	281.650,8	215	60.554,9
Ajudante de ferreiro	139.003,5	72	20.278,9
Almoxarife	368.337,0	36	10.139,4
Aprendiz	461.724,4	66	18.589,0
Auxiliar de balanceiro	176.480,5	189	53.232,0
Auxiliar setor pessoal	159.179,9	36	10.139,4
Betoneiro	134.712,0	64	18.025,6
Carpinteiro	935.955,5	374	105.337,4
EAS (enc. de adm. e suprimentos)	206.149,2	46	12.955,9
Eletricista de manutenção	145.117,0	36	10.139,4
Estagiário	604.572,2	138	38.867,8
Ferreiro	462.317,5	246	69.286,1
Gerente de obra	155.126,5	36	10.139,4
Gerente de produção	183.158,4	36	10.139,4
Gesseiro	431.433,7	52	14.645,8
Guincheiro	262.602,7	32	9.012,8
Mestre de obras	209.851,6	36	10.139,4
Operador de grua	152.677,2	36	10.139,4
Pedreiro	3.981.367,0	1340	377.412,0
Servente	4.634.667,6	833	234.615,1
Supervisor de obras	183.986,8	36	10.139,4
Técnico de segurança	286.294,1	36	10.139,4
Total Geral	14.556.365,0	3991	1.124.068,2

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Analisando a PH do trabalhador (Mão de Obra) obtida em 1.124.068.200,0 l dentro da obra, ou seja, pelo consumo do trabalhador durante o horário de expediente (das 7h às 17h 15min), de segunda a sexta, no período de execução da obra (36 meses), com descanso de uma hora dentro desse horário de expediente. Desse montante 0,6% representa a PH Direta e 99,4% representam a PH Indireta, sendo a maior representatividade da PH Direta evidenciada na categoria ‘outras higiene’, enquanto que a PH Indireta a maior representatividade está na categoria ‘industrializados’. Os montantes mensurados na Tabela 24 são as médias mensais por categoria, enquanto que a Tabela 23 apresenta o volume total de consumo de água estimado pelo resultado das médias mensais das categorias com período da obra (Diagrama Efetivo dos Trabalhadores).

Tabela 24 - PH do Trabalhador Direta e Indireta dentro da obra

	Categoria	PH média do mês dentro da obra/trabalhador (em l)	Tipo de PH
1	Cereais	21.618,8	Indireta
2	Carnes	38.062,7	Indireta
3	Ovos	382,2	Indireta
4	Vegetais	482,9	Indireta
5	Açúcares	3.346,4	Indireta
6	Raízes	23,6	Indireta
7	Líquidos	366,5	Direta
8	Estimulantes	2.484,2	Indireta
9	Laticínios	1.982,7	Indireta
10	Frutas	1.417,8	Indireta
11	Industrializados	51.000,0	Indireta
12	Transportes	39.984,8	Indireta
13	Outras Higiene	584,8	Direta
Total		161.737,4	

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A composição da pegada hídrica da Mão de Obra, que equivale aos diversos consumidores localizados no canteiro de obras de construção civil imobiliária, segue o modelo de Hoekstra et al. (2011) apontado na Tabela 10, item 5, deste estudo.

O estudo de Souza et al. (2014) evidenciou que a calculadora completa (que calcula a pegada hídrica estendida de um consumidor), desenvolvida por Hoekstra et al. (2011) – divulgada pela WFN (www.waterfootprint.org) –, avalia a quantidade de água necessária para produzir os bens e serviços consumidos por um indivíduo, utilizando dados da média global de

PH dos produtos nacionais e variáveis como renda bruta anual, país de origem do indivíduo e renda do indivíduo destinada ao consumo de industrializados, dentre outras. No estudo, a coleta dos dados foi dividida em dois grupos: hábitos alimentares e uso doméstico da água dentro e fora de casa. Os autores utilizaram essa ferramenta com um grupo de 140 pessoas, na cidade de Fortaleza/CE, divulgando os resultados (mensuração do volume de PH) em 12 categorias (cereais, carnes, vegetais, frutas, lácteos, estimulantes, gorduras, açúcares, ovos, industrializados, doméstico e outros), enquanto que no presente estudo os resultados foram apontados em 13 categorias (cereais, carnes, ovos, vegetais, açúcares, raízes, líquidos, estimulantes, laticínios, frutas, industrializados, transportes e outras higiênes), tendo a categoria ‘industrializados’ como a maior, a categoria ‘outras higiênes’ substituindo a categoria ‘doméstico’ e a categoria ‘gorduras’ sendo eliminada das 13 categorias.

A variável renda foi evidenciada no estudo de Souza et al. (2014) como determinante para o montante da categoria ‘industrializados’ na calculadora da WFN. Apesar desta evidência por Souza et al. (2014), o presente estudo não utilizou a renda como variável para mensuração da PH na categoria ‘industrializados’, porém analisou se os trabalhadores que residem nos 10 bairros mais ricos de Fortaleza/CE (Tabela 25) possuem uma PH alta na nesta categoria.

Tabela 25 - 10 bairros mais ricos de Fortaleza/CE

	Bairro	Renda Média (R\$)
1	Meireles	3.659,54
2	Guararapes	3.488,25
3	Cocó	3.295,32
4	Dunas	3.211,09
5	Aldeota	2.901,57
6	Mucuripe	2.742,25
7	Dionísio Torres	2.707,35
8	Varjota	2.153,80
9	Praia de Iracema	1.903,17
10	Fátima	1.756,11

Fonte: Tribuna do Ceará (2012), dados do IPECE.

Verificando se os 10 bairros mais ricos de Fortaleza/CE (Tabela 25) estão contemplados com as maiores PHs da amostra, identificou-se nos bairros Aldeota, Meireles e Mucuripe – únicos bairros da Tabela 25 contemplados na amostra – PHs mensais médias

variando entre 149.392,8 l a 165.377,7 l, enquanto que a maior PH média foi de 309.610,6 l (bairro Jangurussu). Tal evidência não confirma os estudos produzidos por Souza et al. (2014) de que pessoas que residem em bairros nobres possuem PH alta, porém identifica que os bairros Meireles(165.377,7 l) e Aldeota (164.009,6 l) possuem PH acima da PH média (161.737,4 l).

Verificando se pessoas residentes em bairros pobres possuem PH baixa ou alta, analisou-se também 10 bairros com menor renda média pessoal (Conj. Palmeiras, Parque Presidente Vargas, Canindezinho, Siqueira, Genibaú, Granja Portugal, Pirambu, Granja Lisboa, Autran Nunes e Bom Jardim) – Tribuna do Ceará (2012). Destes 10 bairros foram identificados seis com PH superior a PH média da amostra (161.737,4 l), de acordo com a Tabela 26.

Tabela 26 - PHs médias dos bairros de Fortaleza e cidades próximas acima da PH média geral do estudo

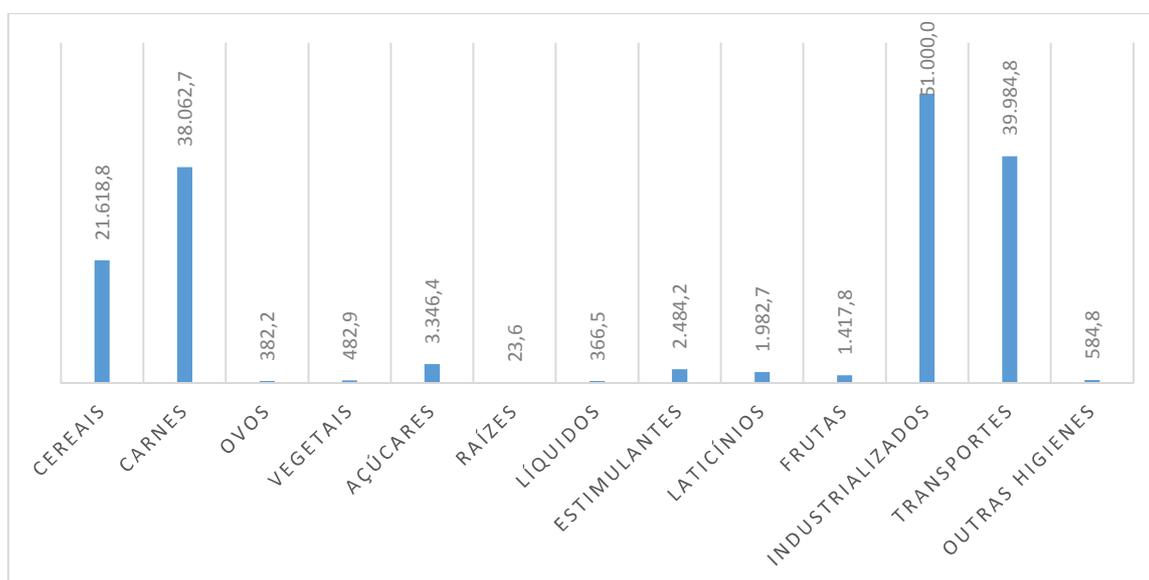
	Nome do bairro	PH mensal média/bairro (em l)	% PH mensal/PH média geral
1	Floresta	246.833,4	152,61%
2	Granja Lisboa	228.873,5	141,51%
3	Granja Portugal	209.851,6	129,75%
4	Parquelândia	206.149,2	127,46%
5	Jangurussu	203.367,5	125,74%
6	Passaré	191.706,8	118,53%
7	Genibaú	187.788,4	116,11%
8	Planalto Ayrton Senna	187.108,6	115,69%
9	Jardim Guanabara	185.774,4	114,86%
10	Conj.Esperança	184.712,0	114,20%
11	José Bonifácio	183.158,4	113,24%
12	Vila Velha	181.137,6	111,99%
13	Autran Nunes	176.480,5	109,12%
14	Barra do Ceará	170.860,7	105,64%
15	Antônio Bezerra	168.616,5	104,25%
16	Quintino Cunha	168.332,0	104,08%
17	Bom Jardim	167.888,6	103,80%
18	Cajazeiras	167.648,8	103,65%
19	Álvaro Weyne	165.480,0	102,31%
20	Meireles	165.377,7	102,25%
21	Parque Santa Cecília	163.868,6	101,32%
22	Conj. Palmeiras	163.389,8	101,02%

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Na Tabela 26 o bairro Floresta foi evidenciado com maior PH média do estudo (246.833,4 l), mas não pôde refutar a hipótese (menor renda, menor PH), pois apenas uma pessoa nele contemplada foi insuficiente para validar ou refutar essa hipótese.

Avaliando o detalhamento das categorias da pegada hídrica à luz da teoria, as categorias que apresentaram maior PH foram em relação a PH média da amostra, foram industrializados (32%), transportes (25%), carnes (24%) e cereais (13%), perfazendo um total de 94% da PH média mensal (Tabela 24 e Gráfico 3).

Gráfico 3 - Distribuição da PH média mensal por categorias



Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Na categoria ‘industrializados’ os componentes de relevância que contribuíram para formação do montante da PH foram os fardamentos, principalmente calça jeans e blusa, que possuem a PH individual, respectivamente, de 16.000 l/unidade e 8.000 l/unidade. Cada funcionário localizado na ‘administração da obra’ recebe da empresa por ano – período da obra em estudo que são de três anos - duas camisas, um par de botas e um capacete, porém estes dois últimos (botas e capacete) não foram mensurados por falta de disponibilidade dos dados de pegada hídrica. Além desses itens foram colocados duas calças jeans (compradas pelos próprios funcionários), mas que devem compor a mensuração do indicador de pegada hídrica uma vez que são necessariamente utilizados pelos funcionários localizados na ‘administração da obra’. No caso de funcionário localizado no ‘canteiro de obras’, ou seja, o operário que trabalha na execução do empreendimento, este recebe duas batas, duas calças, uma bota e um capacete,

porém estes dois últimos (botas e capacete) também não foram mensurados por ausência de dados da pegada hídrica.

Além desses itens, que compõem a Questão 18 da PH Trabalhador, três pares de meias foram colocados para ambos os tipos de trabalhadores (localizados na administração e no canteiro de obras), mas não foram calculados em virtude de indisponibilidade de informação da pegada hídrica pelo revendedor (fornecedor). Outros itens que também não foram mensurados por falta de informação na literatura, na categoria Industrializados, são os refrigerantes, achocolatados e sucos *addes*.

A categoria ‘transportes’ varia em função do tipo de transporte utilizado (ônibus, moto e carro) e da distância de onde o trabalhador reside até o local da obra. O combustível que tem maior PH individual é o diesel, ou seja, o ônibus contribui para o aumento da PH, além de que trabalhadores que utilizam esse meio de transporte normalmente residem em locais mais distantes do empreendimento, isto conseqüentemente aumenta o montante da PH. Observou-se na amostra que 58% dos trabalhadores utilizam o ônibus como meio de transporte (Tabela 27).

Tabela 27 - Distribuição (%) dos meios de transporte utilizados pelos trabalhadores

Tipo de transporte	Quantidade trabalhadores	%
Ônibus	52	58%
Moto	27	30%
Carro	7	8%
Bicicleta	4	4%
Total	90	100%

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Outros consumos de combustíveis, como por exemplo dos transporte de cargas do material utilizados podem apontar estimativas altas de PH (item 5.2.2 deste estudo).

A terceira maior categoria de consumo de PH foi a de ‘carnes’. A categoria ‘carnes’ está distribuída nos tipos de carnes que os trabalhadores responderam, dentre elas de: peixe, boi, frango e porco. Destes quatro tipos de carnes, somente a de peixe não tem PH mensurada em virtude da não disponibilidade de dados na literatura, a mesma corresponde a 6% das carnes consumidas pelos trabalhadores dentro da obra, ou seja, de 40,6 kg consumidos pelos trabalhadores 48% é de origem bovina (boi), 40% de origem avina (frango) e 6% de origens avelina (peixe) e suína (porco), cada uma. Percebe-se que a preferência entre os trabalhadores

pelo consumo de carnes de boi e de frango, isto dá-se também pelo fato de que a empresa fornecedora de alimentos, normalmente, fornece esses dois tipos de carnes na obra.

Segundo Hoekstra et al. (2011) quanto maior o consumo de carnes, maior a PH do indivíduo. Na amostra de 90 trabalhadores, 81 são do sexo masculino e oito do sexo feminino, onde avaliou-se que os consumidores de carnes identificou-se, na média mensal, a PH do consumidores do sexo feminino de 41.598,8 l e a do sexo masculino de 37.669,8 l, refletindo assim que os consumidores do sexo feminino têm uma PH média de 10,43% maior a do sexo masculino. Apesar desta confirmação não ter classificado os consumidores em vegetarianos e não vegetarianos em função do nível de renda, como fora realizado nos estudos de Da Silva et al. (2013), identificou-se a interação de que as mulheres neste empreendimento comem mais carnes que os homens e que gerariam maior pegada hídrica se fossem em quantidade maior que a população de homens.

Na categoria ‘cereais’ oito itens foram mencionados pelos trabalhadores, sendo estes: arroz (cozido), feijão (cozido), pão fatia, macarrão (cozido), pão carioquinha, farofa, biscoito cream cracker e cuscuz. Dentre estes, o feijão (cozido), a farofa, o biscoito cream cracker e o cuscuz não foram mensurados por falta de dados de PH na literatura e representam 27,5% do peso total dos cereais consumidos pelos trabalhadores (360,08 kg/mês), sendo o feijão (cozido) 82,71 kg/mês, a farofa 3,33 kg/mês, o biscoito cream cracker 1,26 kg/mês e o cuscuz 11,82 kg/mês – para os 90 trabalhadores.

Analisando o restante dos 6% da PH Trabalhador dentro da obra tem-se as categorias ‘ovos’, ‘vegetais’, ‘açúcares’, ‘raízes’, ‘líquidos’, ‘estimulantes’, ‘laticínios’, ‘frutas’ e ‘outras hígienes’. Cada uma delas é composta por vários produtos consumidos pelo trabalhador, apesar de nem todos possuírem PH na literatura, desta forma a Tabela 28 dispõe a composição dessas nove categorias evidenciando os quantitativos que não foram mensuradas as PHs por indisponibilidade de dados na literatura, as quais poderão ser mensuradas em pesquisas futuras.

Tabela 28 - Componentes de PH dos trabalhadores não mensurados

Categorias sem mensuração de PH		Unidade medida (mensal)
Cereais	feijão (cozido)	82,7 kg
	farofa	3,3 kg
	biscoito cream cracker	1,3 kg
	cuscuz	11,8 kg
Vegetais	beterraba (cozida)	2,4 kg
	cebola	2,4 kg
	cenoura (cozida)	2,0 kg
Raízes	batata doce (cozida)	3,3 kg
Líquidos	suco de maracujá	1,9 l
	suco de acerola	2,4 l
	suco tang (em L-saquinho)	2,0 l
Industrializados	refrigerante	11,0 l
	achocolatado	10 und
	suco addes	1 und
	bata	144 und
	bota	90 pares
	meias	270 und
	capacete	90 und

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A Tabela 28 dispõe os componentes de todas as categorias que não foram contemplados de mensuração, por indisponibilidade de dados na literatura da PH de cada um: na categoria ‘líquidos’ os sucos de laranja, acerola e Tang ou Maratá (suco em pó solúvel); na categoria ‘raízes’ a batata doce; na categoria ‘vegetais’ a beterraba, a cenoura e a cebola e na categoria ‘cereais’ o feijão, a farofa, o biscoito cream cracker e o cuscuz.

A fim de evidenciar os hábitos de consumo de água dos trabalhadores ao longo dos dias de trabalho (de segunda a sexta), as questões 36 a 52 extrapolaram o estudo, buscando avaliar os costumes dos trabalhadores em casa, ou seja, pela mensuração da ‘PH Fora de Obra’.

A PH média mensal do trabalhador fora da obra foi obtida para os 90 trabalhadores da amostra foi de 2.596.300,0 l, ou seja, representando o consumo do trabalhador em casa, fora do horário de expediente da obra. Desse montante 43% representam a PH Direta e 57% a PH Indireta, sendo a maior representatividade da PH Direta evidenciada na categoria ‘líquidos’ e na PH Indireta evidenciada na categoria ‘cereais’.

Observa-se na Tabela 29 que as categorias ‘açúcares’, ‘raízes’ e ‘transportes’ não foram mensuradas pelos seguintes motivos: ‘açúcares’ não foi elaborada qualquer questão para apontar o consumo do mesmo nos hábitos alimentares fora da obra, em virtude de sua pequena relevância; ‘raízes’ nenhum trabalhador apontou o consumo desta categoria fora da obra; e ‘transportes’ não foi mensurada em virtude do transporte de ida e volta para obra já ter sido mensurado na PH Trabalhador dentro da obra.

Tabela 29 - PH do trabalhador Direta e Indireta fora da obra

	Categoria	PH média do mês fora da obra/trabalhador (em l)	Tipo de PH
1	Cereais	5.348,2	Indireta
2	Carnes	8.193,1	Indireta
3	Ovos	668,8	Indireta
4	Vegetais	13,7	Indireta
7	Líquidos	9.078,7	Direta
8	Estimulantes	179,7	Indireta
9	Laticínios	747,7	Indireta
10	Frutas	620,0	Indireta
11	Industrializados	533,3	Indireta
13	Outras Higiènes	3.464,2	Direta
	Total	28.847,4	

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

A Tabela 29 demonstra a mensuração da PH do trabalhador, individualmente, por categoria, tendo resultado do volume consumido pelos trabalhadores da amostra dividido por seu quantitativo (90 trabalhadores), complementada pelo comparativo entre a PH do trabalhador dentro e fora da obra (Tabela 30).

Tabela 30 - Comparativo PH do trabalhador dentro e fora da obra

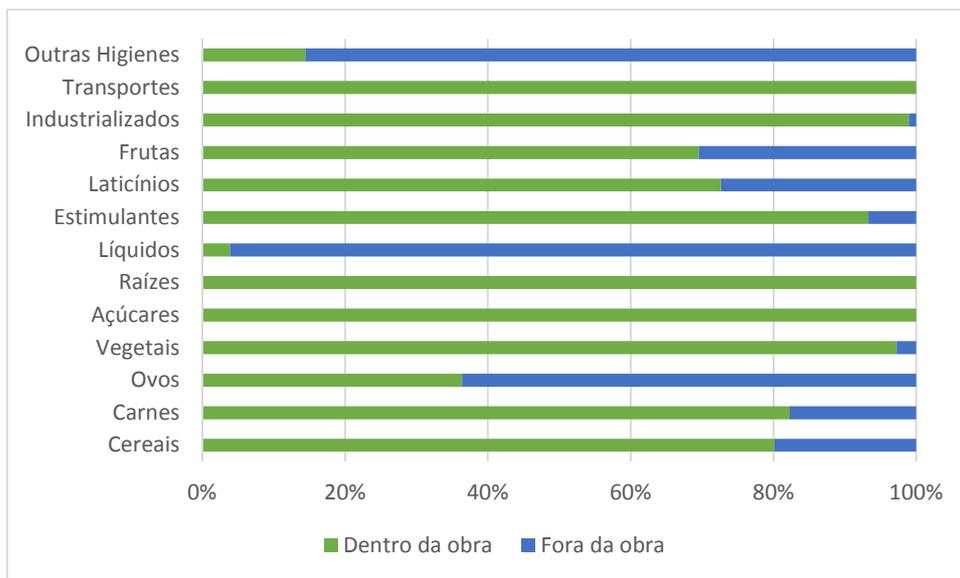
	Categoria	Dentro da obra		Fora da obra		Tipo de PH
1	Cereais	21.618,8	13%	5.348,2	19%	Indireta
2	Carnes	38.062,7	24%	8.193,1	28%	Indireta
3	Ovos	382,2	0%	668,8	2%	Indireta
4	Vegetais	482,9	0%	13,7	0%	Indireta
5	Açúcares	3.346,4	2%	-	0%	Indireta
6	Raízes	23,6	0%	-	0%	Indireta
7	Líquidos	366,5	0%	9.078,7	31%	Direta
8	Estimulantes	2.484,2	2%	179,7	1%	Indireta
9	Laticínios	1.982,7	1%	747,7	3%	Indireta
10	Frutas	1.417,8	1%	620,0	2%	Indireta
11	Industrializados	51.000,0	32%	533,3	2%	Indireta
12	Transportes	39.984,8	25%	-	0%	Indireta
13	Outras Higiènes	584,8	0%	3.464,2	12%	Direta
	Total	161.737,4	100%	28.847,4	100%	

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

As categorias ‘líquidos’ e ‘outras higiênes’ se destacam se comparado o volume consumido na obra e fora da obra. Isto deve-se ao fato de que o trabalhador na obra tem pouco tempo para utilizar o banheiro (categoria ‘outras higiênes’), como também consome pouca água quando está na obra, em virtude da localização do bebedouro (que fica no térreo) - normalmente mais distante dos demais pavimentos da obra – e por trabalhar por produção não têm interesse de esperar que o elevador cremalheira chegue ao pavimento onde os mesmos estão executando os trabalhos.

O Gráfico 5 demonstra a relação de consumo entre a PH do trabalhador por categoria, dentro e fora da obra.

Gráfico 4 - PH do trabalhador/categoria dentro e fora da obra (%)



Fonte: Elaborado pela autora (2014).

Porém, tanto dentro da obra, quanto fora da obra, a PH Indireta do trabalhador é relevante representando dentro da obra 99% e fora da obra 57%. Esta evidência gera o contexto de que a abordagem de Água Virtual não pode ser desprezada na mensuração da PH, de acordo como apontam Miller e Blair (2009) e Wiedmann (2009). Os autores identificam que é preciso observar não apenas o uso direto de água dos processos de consumo e de produção, mas também o uso indireto de água para produzir todos os bens e serviços que compõem a estrutura de materiais e dos produtos.

Os valores calculados na PH do trabalhador fora da obra servem, somente, para comparação dos hábitos dos trabalhadores se apresentam grandes diferenças em relação aos

hábitos dentro da obra, mas não foram computados na mensuração da PH na atividade de construção civil imobiliária do presente estudo.

Diante desse contexto, algumas divergências de hábitos foram vislumbradas nas categorias quando o trabalhador está fora da obra, dentre elas: na categoria ‘cereais’ os trabalhadores mencionaram o consumo de tapioca (não possui PH na literatura); na categoria ‘vegetais’ o repolho, a beterraba e a cenoura não fazem parte dos hábitos alimentares dos trabalhadores; na categoria ‘líquidos’ os únicos sucos consumidos são de laranja e de maracujá; na categoria ‘frutas’ não há consumo de azeitona e novas duas frutas entraram abacate e mamão; na categoria ‘industrializados’ o achocolatado, o suco *addes* não foram mencionados e os itens de vestuário não foram medidos, mas aparecem novos itens como hambúrguer (tem PH e foi mensurado), presunto e aveia que não foram mensurados por falta de dados sobre a PH destes produtos.

Considerando o consumo volumétrico de água pelos trabalhadores do empreendimento estudado foi dada sequência à avaliação dos materiais utilizados dentro da obra as seção 5.2.2.

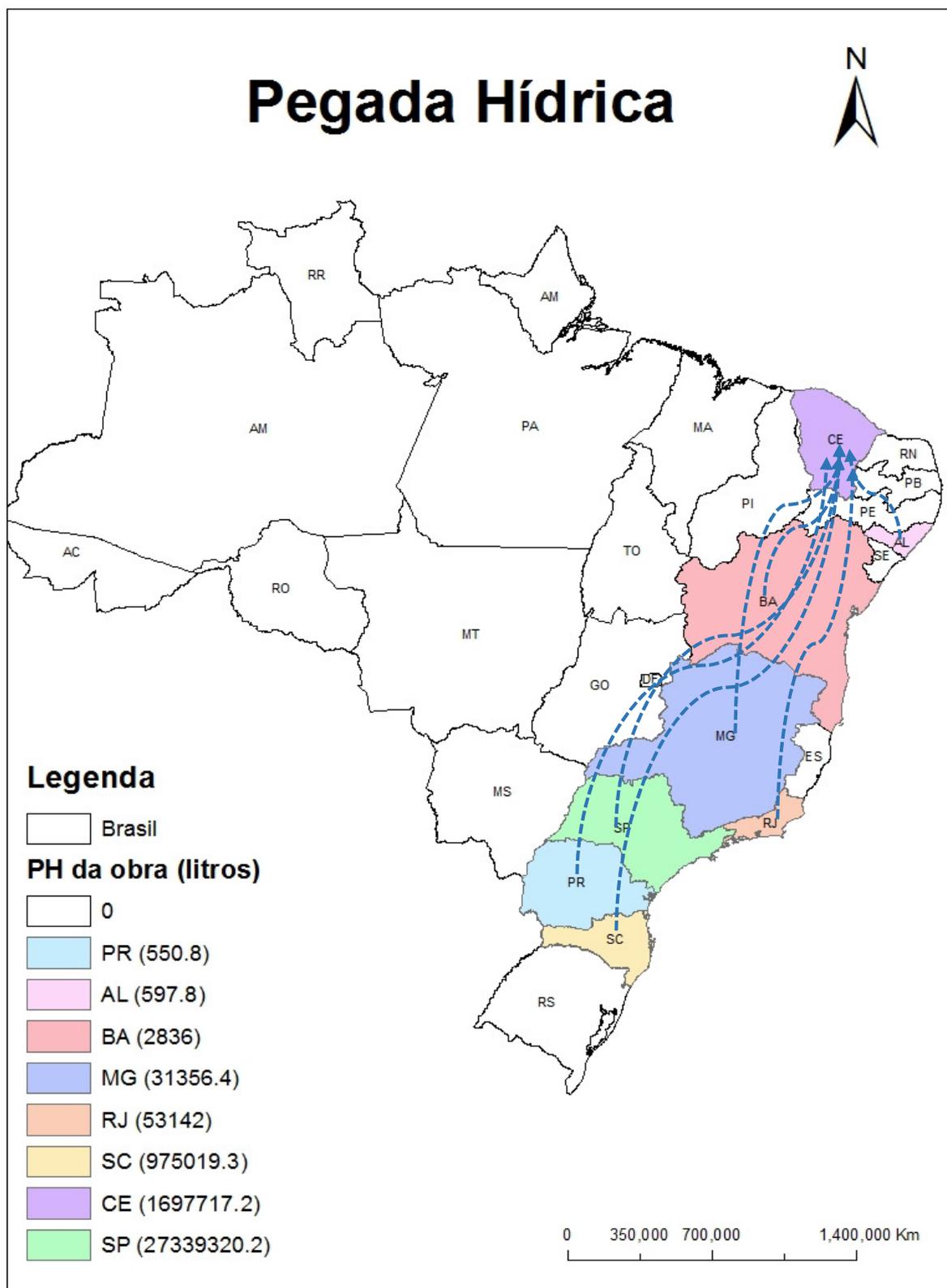
6.2.2 Materiais

Na Curva ABC de Insumos, na segregação dos Materiais, foi observada que 90,83% da pegada hídrica vem do Estado de São Paulo, representando 27.339.320,2 l de água e em segundo lugar o Estado do Ceará com 5,64% da pegada hídrica, representando 1.697.717,2 l de água, ou seja, 96,47% da água dos Materiais é originária destes estados (Figura 35). O volume mensurado nos 128 materiais utilizados na construção civil imobiliária, no período de execução da obra, montam 30.100.539,5 l de água.

Esta evidência é apontada na literatura dentro do conceito de água virtual, ao reconhecer a presença da água nos bens de consumo, no fluxo de entradas e saídas no contexto inter-regional - volume de água virtual comercializado. Segundo Hoekstra e Chapagain (2008), o conteúdo de água virtual (água incorporada) refere-se ao volume ou um aspecto do uso da água, complementado por Allan (1997) como o termo utilizado para definir a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço, embutida nestes, não somente no sentido visível, mas também no sentido virtual.

A Tabela 31 mostra os valores totais da PH dos Materiais utilizados no empreendimento estudado e no Apêndice I foi disponibilizado o detalhamento destes Materiais.

Figura 35 - Estados de origem dos Materiais com pegada hídrica, utilizados construção civil imobiliária (fluxo do comércio de água)



Fonte: Elaborada pela autora a partir de dados da pesquisa, no Programa Arcgis 9.3 (2014).

Tabela 31 - UFs de origem dos Materiais utilizados na obra para os 128 itens mapeados

UF	PH da obra (em l)	% PH
SP	27.339.320,2	90,83%
CE	1.697.717,2	5,64%
SC	975.019,3	3,24%
RJ	53.142,0	0,18%
MG	31.356,4	0,10%
BA	2.836,0	0,01%
AL	597,8	0,00%
PR	550,8	0,00%
Total	30.100.539,5	100,00%

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Água virtual é água incorporada nas mercadorias comercializadas. Exemplo: embora na produção da mercadoria A (um automóvel) se utilize diretamente pouca água, a intensidade virtual de água na mercadoria A pode ser quantificada também pelo uso da água na produção do insumo B (chapa de aço) que A necessita, pelo uso da água na produção do insumo C (minério de ferro) que B necessita, e assim em toda a cadeia produtiva interligada. Portanto, a água virtual incorporada na produção da mercadoria A é função do uso da água diretamente por A e indiretamente por todas as mercadorias envolvidas direta e indiretamente com a produção de A.

Quando se observa apenas o uso direto de água, as atividades econômicas de produção ou fabricação de insumos, são consideradas não poluentes e ecologicamente amigáveis. Entretanto, pode-se chegar a valores muito significativos em termos de um fator primário escasso que tem uso alternativo (no caso, a água), ao se calcular o uso total de água dessas atividades (insumos fornecidos) por meio de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) dos produtos através de uso indireto de água desconectado do consumo final. Chega-se ao que se denomina recursos hídricos ocultos ou disfarçados, o que nos leva ao conceito de água virtual – ilustrado no mapa do Brasil (Figura 35) nos estados que fornecem água ao Estado do Ceará (local onde está sendo executada a obra que utiliza Materiais oriundos de SP, SC, RJ, MG, BA, AL, PR e o próprio Estado do Ceará).

Foram analisados os Serviços com PH executados na construção imobiliária estudada nesta pesquisa, utilizando para consecução desses Serviços (seção 5.2.3) os Materiais com PH expostos nesta seção, com Mão de Obra própria (seção 5.2.1) ou terceirizada.

6.2.3 *Serviços*

Na Curva ABC de Serviços foram identificados 92 serviços (representado por 17,03% de todos os serviços arrolados na mesma), que envolvem componente hídrico em seus respectivos processos de execução. Estes são evidenciados no ‘sistema de produção’ como as 92 etapas distribuídas em seis processos e 56 subprocessos (Apêndice G), que envolvem o uso direto da água (PH Direta) no montante de 584.423.100,0 l de água no empreendimento estudado. O volume mensurado nas 92 etapas aponta que os Materiais adquiridos foram parcialmente utilizados nos Serviços, ora por Mão de Obra própria (PH Trabalhador), ora por Mão de Obra terceirizada (Serviços de Terceiros). Neste momento os Serviços representam o ‘sistema de produção’ do produto ‘edifício residencial’, isto é, deles decorrem toda a cadeia linear dos processos em forma de ‘árvore do produto’ – muitas entradas resultando em um único produto.

Utilizando a abordagem da Soma das Cadeias como a melhor alternativa para cálculo da pegada hídrica, segundo Hoekstra et al. (2011), a junção dos diversos fatores de produção que foram utilizados (Mão de Obra, Materiais e Serviços) permitiu a mensuração da pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária, onde os Serviços são responsáveis por essa integração (Apêndice G). Outros Serviços foram mapeados na atividade de construção civil, porém não foram abordados no presente estudo por não envolverem componentes hídrico na execução de seus processos.

O montante do volume de água utilizada no empreendimento estudado foi de 1.738.591.800,0 l, composto por consumo de Mão de Obra (64,65% = 1.124.068.200,0 l), Materiais utilizados (1,73% = 30.100.500,0 l) e Serviços executados (33,61% = 584.423.100,0 l).

7. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Neste capítulo, são enunciados os esforços de conclusão deste trabalho buscando avaliar se os objetivos propostos foram alcançados com base nos constructos teóricos, e por fim evidenciar as limitações desta pesquisa e as recomendações para futuras pesquisas acerca do tema investigado.

Diante da busca por uma melhor gestão dos recursos hídricos, em virtude de sua escassez e má distribuição em locais carentes e do desperdício em locais abundantes, partindo da premissa que indicadores de sustentabilidade ambiental, em interação com a avaliação do ciclo de vida dos produtos, podem ser utilizados para informar aos usuários desses recursos o *quantum* é consumido por eles, seja em forma de consumo e/ou de poluição, o presente estudo teve por objetivo propor uma metodologia de mensuração da pegada hídrica (PH) na atividade de construção civil imobiliária, a fim de estimar o volume de água utilizado para a construção de um empreendimento residencial vertical (edifício).

A teoria utilizada no Grupo 1 do Quadro 2 abrangeu o cálculo da pegada hídrica decorrente de Processos e Produtos na perspectiva de quantificar o consumo. A mensuração realizada a partir de Processos estimado por etapas foi obtida através da quantificação das pegadas hídricas de todos os insumos (Mão de Obra, Materiais e Serviços) utilizados, chegando à PH de um produto final - consumo de água agregada a todos os processos realizados até a finalização da produção.

Desta forma, dentro dos objetivos traçados, a proposta de desenvolvimento da metodologia de cálculo da pegada hídrica, para aplicação no segmento de construção civil imobiliária, foi atingida pela elaboração de um Banco de Dados (em uma plataforma móvel iOS, *Apple*) obtendo informações ligadas à mensuração do uso e consumo da água pelos trabalhadores da obra, além dos demais dados relacionados aos Materiais utilizados e aos Serviços executados na atividade de construção civil, que possuem componente hídrico, da seguinte forma:

- Materiais – levantados todos os fornecedores de acordo com a Curva ABC de Insumos do empreendimento; eliminados os insumos que, de forma clara, não tinham qualquer componente hídrico direto (PH Direta) em suas fabricações; enviado correspondência (carta padrão – Apêndice A) aos demais fornecedores desses insumos, obtendo-se resposta dos mesmos por escrito; e por fim, multiplicado nos 128 insumos que possuem componentes hídricos, por suas

respectivas quantidades necessárias para a execução do empreendimento estudado; e

- Serviços – levantados na Curva ABC de Serviços todos os serviços que necessitam de água para execução, eliminando os serviços que não necessitam; para os 92 serviços mapeados que necessitam de água para suas consecuições, foram identificados os fatores A/C para os que utilizam argamassa composta com cimento e aos demais serviços, que não possuem cimento como componente, foram identificadas cinco tipos de argamassas colante – estas últimas foram obtidos os componentes hídricos diretamente com os fornecedores de argamassa; efetuado rateios com os materiais que eram utilizados para diversos serviços com o objetivo de confirmar se o montante dos insumos adquiridos foram destinados para os serviços executados que envolvem água, a fim de configurar essa informação e, por fim, dos 92 serviços que possuem componentes hídricos, por seus respectivos fatores A/C ou de argamassas colante, dando um resultado que é multiplicado pelas quantidades (m, m² e und.) necessárias para a execução do empreendimento estudado.

Após análise de todos os objetivos propostos no presente estudo, resume o consumo de ‘água’, de forma direta e indireta, na atividade de construção civil imobiliária, da unidade escolhida, distribuída em Mão de Obra, Materiais e Serviços (Tabela 32).

Tabela 32 - Mensuração da pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária

Composição	PH Direta (em l)	PH Indireta (em l)	Total (em l)
Mão de Obra	6.744.400,0	1.117.323.800,0	1.124.068.200,0
Materiais	-	30.100.539,5	30.100.539,5
Serviços	584.427.948,4	-	584.427.948,4
Total	591.172.348,4	1.120.334.340,0	1.738.596.688,0

Fonte: Elaborada pela autora (2014).

Analisando o consumo na Mão de Obra, identificou-se uma contribuição desta em 64,65% ao volume total da pegada hídrica, sendo decorrente 0,6% do uso direto e 99,4% do uso indireto.

O consumo direto da Mão de Obra (PH Direta da Mão de Obra), representado pelas categorias Líquidos e Outras Higiênes, foi mensurado da seguinte forma: a) Líquidos, pelos

componentes suco de laranja, água consumida do bebedouro pelos operários da produção e água consumida do gelágua pelos funcionários da administração da obra, e b) Outras Higiênes, pela água utilizada nas torneiras na lavagem das mãos, dos dentes e dos talheres por cada trabalhador e pela água consumida nas descargas dadas na utilização dos vasos sanitários e mictórios. Na categoria Líquidos, o maior volume de pegada hídrica (98,5%) é decorrente do consumo de suco de laranja (94% x 366,5 l = 344,5 l), com PH de 1.020 l/copo de 200 ml, seguido pelo consumo de água do bebedouro (4,5% x 366,5 l = 16,5 l), enquanto que na categoria Outras Higiênes, o maior volume de água consumido (95,7%) é originário dos chuveiros utilizados na obra (42,9% x 584,8 l = 250,88 l), da água utilizada nas descargas (30% x 584,8 l = 175,4 l) e nas torneiras (22,8% x 584,8 l = 133,3 l). A categoria Líquidos contempla no cálculo do suco de laranja a PH indireta da média global, o que faz-se necessário eliminá-la para fins de análise comparativa com os dados da CAGECE, que computa somente o consumo direto. Assim, retirando 344,5 l do consumo estimado total tem-se 606,8 l (366,5 l + 584,8 l – 344,5 l).

A análise da estimativa da PH Direta da Mão de Obra com o volume faturado pela CAGECE, mensurada nessas duas categorias, evidenciou o volume médio mensal estimado de 606,8 l/trabalhador *versus* o volume fornecido pela CAGECE de 308,2 l/trabalhador, ou seja, a metodologia mensurou quase duas vezes o volume faturado pela CAGECE (aproximadamente 197% do volume da CAGECE). Tal comparativo, aponta à necessidade de verificar nessas categorias - principalmente, na categoria Outras Higiênes – se as estimativas fornecidas pelos trabalhadores foram majoradas; se as atividades mapeadas pela empresa, nessas categorias, utilizam água oriunda da extração de poços e não da água fornecida pela CAGECE; e se o volume faturado pela CAGECE correspondia à leitura correta de consumo no empreendimento.

Além dessas análises, identificou-se que a data de ligação da água/esgoto realizada pela CAGECE em 04/03/2011, não contemplou os meses de consumo de água no empreendimento em 01 e 02/2011, apesar de existir funcionários no Diagrama Efetivo da Obra, nestes respectivos meses, de 112 e 153 funcionários, ou seja, 58% e 79% do pico de trabalhadores da obra (193 trabalhadores em 05/2012 – ver Gráfico 2).

O consumo indireto de água na Mão de Obra (PH Indireta da Mão de Obra), representado pelas categorias Cereais, Carnes, Ovos, Vegetais, Açúcares, Raízes, Estimulantes, Laticínios, Frutas, Industrializados e Transportes, apontou mensuração relevante nas categorias: a) Industrializados (100%), pelos componentes calças jeans (94%) e blusas (6%), b) Transportes (86%), pelos componentes ônibus (58%) e moto (28%), c) Carnes (98%), pelos componentes carnes de boi (77%) e de frango (21%), e d) Cereais (95%), pelos componentes arroz cozido (85%) e macarrão cozido (10%).

Na PH Indireta dos Materiais evidenciou-se maior relevância de consumo de água para o material 'Ferro CA', de diversos tipos, representando 83,29% do volume total dos materiais mensurados (30.100.539,5 l), enquanto que na PH Direta dos Serviços o mais relevante foi o serviço de 'Proteção Mecânica' representando 99,81% do volume total dos serviços mensurados (584.427.948,4 l).

Utilizando os dados da Tabela 32 para obtenção do valor da pegada hídrica por unidade de produto, dividiu-se o montante total (em l) pela quantidade de m² da área total (18.500 m²) construída para 66 unidades, sendo 22 unidades de 167,12 m²/cada e 44 unidades de 157,14 m²/cada, ou seja, um total de área privativa de 6.914,16 m² e 3.676,64 m² como o restante da área de uso coletivo. Dessa forma, o valor da pegada hídrica azul por m² é estimada em torno de 93.978,2 l de água.

Assim, conclui-se que os resultados obtidos evidenciaram que a metodologia da pegada hídrica pode ser utilizada como mensurador para cálculo para estimativa de consumo da água na atividade de construção civil imobiliária. Apesar desta conclusão, algumas recomendações fazem-se necessárias a fim de aprimorar e aperfeiçoar o valor desse indicador, decorrente de limitações percebidas dispostas, da seguinte forma:

- a primeira limitação diz respeito à realização de um estudo de caso único para mensurar a pegada hídrica na atividade de construção civil imobiliária, em uma empresa se destaca com ações de sustentabilidade ambiental no segmento de negócios em que atua;
- a segunda limitação está na necessidade de se criar em maiores controles internos por parte da empresa estudada, dos fornecedores e dos prestadores de serviços, buscando medidas de consumo de água para diversos Materiais e Serviços não medidos com maior precisão, levando a alguns critérios de rateio para obtenção do *quantum* de água foi consumida nesses componentes. Examinar, portanto, casos que requerem interação entre adquirentes de materiais (nesse caso do estudo, construtoras) e os fornecedores, em toda a cadeia produtiva, bem como o detalhamento da composição desses materiais e o fechamento dos seus ciclos quanto à vida útil dos mesmos;
- a terceira limitação diz respeito à não mensuração dos componentes 'verde' e 'cinza' da pegada hídrica por falta de dados necessários para cálculo dos mesmos. No componente 'verde', a falta de dados de evapotranspiração em diversos pontos das bacias que abastecem o uso da água na RMF (Região

Metropolitana de Fortaleza), separando o volume de água evaporado do solo e da vegetação, associada ou não à produção e no componente 'cinza', a mensuração da quantidade de água necessária para diluição dos poluentes gerados pelos empreendimentos imobiliários de construção civil. Atualmente, sabe-se que na conta de água emitida pela atual cessionária de serviço público CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) cobra 20% do serviço de consumo pela tarifação sobre o serviço de esgoto;

- a quarta limitação, foi identificada na Mão de Obra própria do empreendimento, nos Materiais utilizados e nos Serviços executados: (i) falta de levantamento do consumo de água do combustível (diesel e outros) utilizado no transporte de materiais até os canteiros de obra, bem como no descarte dos resíduos decorrente do uso desses materiais; (ii) ausência de fonte de dados locais com os valores de PH dos produtos utilizados nos hábitos alimentares dos trabalhadores não identificados na literatura; (iii) indisponibilidade dos fornecedores de todos os materiais utilizados no detalhamento do processo de fabricação dos insumos produzidos, a fim de visualizar os que possuem ou não componente hídrico em sua produção; e (iv) não mensuração do custo de água a ser apropriada pelo uso, desgaste ou obsolescência dos Equipamentos utilizados no empreendimento estudado.

Essas limitações devem gerar pesquisas futuras, buscando: (i) o mapeamento antecipado dos transportadores de materiais (rodoviários e aéreos), a fim de obter com os mesmos a distância percorrida, o tipo de combustível utilizado, o peso da carga do material transportado, bem como sua relação com a carga total, para cálculo do componente hídrico do combustível utilizado para transporte dos materiais adquiridos; (ii) criação de um banco de dados dos valores de uso/consumo dos insumos utilizados no segmento de construção civil, juntamente com os governos, instituições de classe e empresas desse ramo de atividade para estimativas de cálculos mais próximas da realidade local (considerando as diferenças existentes em cada região) e comparações; (iii) obtenção junto aos fornecedores de materiais, na época de fechamento dos contratos, dos valores referente aos componentes hídricos utilizados no processo de produção dos mesmos; (iv) mapeamento dos equipamentos próprios e de terceiros envolvidos no processo de construção do empreendimento imobiliário, que possuem componente hídrico em sua fabricação, a fim de obter o encargo de depreciação dos mesmos para apropriação dos valores proporcionais a cada empreendimento e (v) levantamento e

mapeamento de dados de evapotranspiração dos pontos que envolvem as bacias e os reservatórios que fornecem água, no período de execução da obra, bem como da medição da água que não retorna à bacia em que foi retirada, para complementar o cálculo da pegada hídrica azul, bem como da vazão de retorno a jusante da captação, se é consuntiva ou não e da medição da água subterrânea que é retirada e devolvida à água de superfície, após seu uso.

O conceito e avaliação da pegada hídrica como ferramenta de mensuração do uso, consumo e poluição da água é relativamente novo à luz da ciência – início em 2002 – e para o mundo dos negócios, os governos e a sociedade civil – início no segundo semestre de 2007. Esse conceito, se utilizado, em sua plenitude indica quando, onde e como consumidores, produtores, processos e produtos individualmente demandam deste recurso limitado.

É necessário desenvolver diretrizes mais detalhadas, considerando informações de referências que podem ser utilizadas quando não existem estimativas locais precisas. As experiências práticas com relação ao cálculo da pegada hídrica de diversos produtos podem ajudar a desenvolver orientações sobre o que será excluído da análise da pegada hídrica da empresa.

Na perspectiva micro, a pegada hídrica, mensurada no empreendimento objeto de estudo dessa pesquisa, deixou de mensurar Serviços, por falta de maiores controles internos, sendo esses: infraestrutura (contenção, tirantes e fundação), torre (estrutura, acabamentos e limpeza), pavimento tipo (limpezas grossa e fina), cobertura (estrutura, obras bruta e fina, e limpeza) e caixa d'água (estrutura, obras bruta e fina, e limpeza).

Na perspectiva macro, a pegada hídrica, na atividade de construção civil imobiliária, deve buscar outros empreendimentos (residenciais e não residenciais, locais e nacionais), relacionando as características de cada empreendimento e agrupando os que possuem características semelhantes, para fins de comparação e criação de parâmetros do volume de consumo/uso e poluição da água.

REFERÊNCIAS

ADETUNJI, I., PRICE, A., FLEMING, P., KEMP, P. Sustainability and the UK construction industry – a review. **Engineering Sustainability**, v. 156, n. 4, p. 185-199, dez. 2003. Disponível em:

<<http://www.icevirtuallibrary.com/content/article/10.1680/ensu.2003.156.4.185>>.

Acesso em: 10 nov. 2013.

ALDAYA, M. M., HOEKSTRA, A. Y. The water needed for Italians to eat pasta and pizza. **Agricultural Systems**, v. 103, n. 6, p.351-360, July 2010.

Disponível em: < <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report36-WaterFootprint-Pasta-Pizza.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

ALLAN, T. Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies? *In*: BRITISH ASSOCIATION FESTIVAL OF SCIENCE, 51, 1997, Leeds (UK). **Anais...** Reino Unido: University of Leeds, p.1-21,1997.

ALWAER, H., CLEMENTS-CROOME, D. J. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 4, p. 799-807, apr. 2010. Disponível em: < <http://centaur.reading.ac.uk/11750/>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Disponível em: < http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaarrecadacao/Cobranca_TextoseEstudos.aspx#bir > . Acesso em: 06 ago. 2014.

ANDERSON, D. R., SWEENEY, D. J., WILLIAMS, T. A. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. 3. ed. São Paulo: Cenage Learning, 2013.

ARAS, G.; CROWTHER, D. Corporate Sustainability Reporting: a study in Disingenuity? **Journal of Business Ethics**, v. 87, n. 1, p. 279-288, 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10551-008-9806-0>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

ARPKE, A.; HUTZLER, N. Operational Life-Cycle Assessment and Life-Cycle Cost Analysis for Water Use in Multioccupant Buildings. **Journal of Architectural Engineering**, [S.I.], v. 11, n. 3, p.99-109, sept. 2005. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(2005\)11:3\(99\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1076-0431(2005)11:3(99))>. Acesso em: 26 nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15570: Transporte – Especificações técnicas para fabricação de veículos de características urbanas para transporte coletivo de passageiros, 2009, 65p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14040: Gestão ambiental - princípios e estrutura. 2009, 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14064 – Gases de efeito estufa. Parte 1: Especificação e orientação a organizações

para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa, 2007, 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14044: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - requisitos e diretrizes. 2006, 45p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – requisitos para implantação do sistema, 2004, 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14043: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - interpretação do ciclo de vida. 2000, 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14042: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - avaliação do impacto do ciclo de vida. 2000, 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR ISO 14041: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - objetivo e definição do escopo - análise de inventário. 1998, 22p.

AVISO, K., TAN, R. R., CULABA, A. B., CRUZ JR., J. B. Fuzzy input-output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 2-3, p. 197-196, jan./feb. 2011. Disponível em: <
http://www.researchgate.net/publication/222841183_Fuzzy_inputoutput_model_for_optimizing_eco-industrial_supply_chains_under_water_footprint_constraints>. Acesso em: 6 mai. 2013.

BARBOSA JR., A. F., DE MORAIS, R. M., EMERENCIANO, S. V., PIMENTA, H. C. D., GOUVINHAS, R. P. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo de Vida (ACV) no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 7, n. 1, p. 39-44, 2008. Disponível em:
<<http://revistaiberoamericana.org/ojs/index.php/ibero/article/view/972>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

BAUMANN, H.; TILLMAN, A-M. **The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment – methodology and application**. Lund: Studentlitteratur AB, 2004, 543 p.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

BERARDI, U. Sustainability assessment in the construction sector: rating systems and rated buildings. **Sustainable Development**, Spain, v. 20, n. 6, p. 411-424, 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sd.532/abstract>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

BERGER, M., WARSEN J., KRINKE, S., BACH, V., FINKBEINER, M. Water footprint of european cars: potential impacts of water consumption along automobile life cycles. **Environmental Science & Technology**, Spain, v. 46, n. 7, p. 4091-4099, 2012. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es2040043>>. Acesso em: 3 jul. 2013.

BERNSTEIN, H. Bridging the globe: creating an international climate nclp es and challenges of sustainable design and construction. **Industry and Environment**. Paris: UNEP IE, v. 29, n.2, p. 19-21, Apr./June 1996.

BETAT, E. F., PEREIRA, F. M., VERNEY, J. C. K. de. Concretos produzidos com resíduos do beneficiamento ágata: avaliação da resistência à compressão e do consumo do cimento. **Revista Matéria**, v. 14, n. 3, p.1047-1060, 2009. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo11054>>. Acesso em: 11 set. 2014.

BOCCHIOLA, D., NANA, E., SONCINI, A. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. **Agricultural Water Management**, v. 116, p. 50-61, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377412002569>>. Acesso em: 16 abr. 2014.

BRAGANÇA, L., MATEUS, R. **Life cycle analysis of buildings: environmental impacts of building elements**. [s.i.]: iisbe Portugal, 2012. 120 p. Disponível em: <[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/20481/1/LCA Book - Web Version.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/20481/1/LCA%20Book%20-%20Web%20Version.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2013.

BRAGANÇA, L., MATEUS, R. New approach to life-cycle analysis in building sustainability rating systems. *In*: CONGRESSO DE INOVAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CINCOS’08, 2008. **Anais...** Cúria, PT: QREN, 2008.

BRASIL. Portaria nº 42, de 28 de julho de 2014. Diário Oficial do Município, Poder Executivo, Fortaleza, CE, 28 jul. 2014.

_____. Ministério de Minas e Energia – MME. José Otávio da Silva (Org.). Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. [s.i.]: J. Mendo Consultoria, 2009. 68p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_transformacao_mineral_no_brasil/P42_RT68_Perfil_do_Cimento.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2013.

_____. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 fev. 1988. Seção 1, p. 1.

_____. Lei nº 6.938, de 17 de janeiro de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 ago. 1981.

_____. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 abr. 1981.

CARVALHO, A. M. R. **Gestão de recursos hídricos: estudo exploratório no Estado de Goiás e formulação de um modelo contábil**. 2008. 220 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2008.

CARVALHO, A. P. **Gestão sustentável de cadeias de suprimento: análise da indução e implementação de práticas de sustentabilidade por uma empresa brasileira do setor de cosméticos**. 2011. 216f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2011.

CARVALHO, P. G. M., BARCELLOS, F. C. **Políticas públicas e sustentabilidade ambiental**. Construindo indicadores de sustentabilidade. Indicadores econômicos FEE, v. 37, n. 1, 2009. Porto Alegre, RS: Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, 2009.

CAZCARRO, I., HOEKSTRA, A. Y., CHÓLIZ, J. C. The water footprint of tourism in Spain. **Tourism Management**, v. 40, p. 90-101, fev. 2014. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/Reports/Cazcarro-et-al-2014.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2014.

CBIC (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO). **PIB Brasil x PIB Construção Civil - Variação % – 2004/2013**. Contas Nacionais Trimestrais: Nova Série 2006, IBGE. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>> Acesso em: 5 jul. 2014.

CERF (CIVIL ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION). Pesquisa internacional realizada pela entidade ligada ao American Society of Civil Engineers (ASCE) dos Estados Unidos. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br/?id=495920>> Acesso em: 06 jul. 2014.

CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. **Ecological Economics**, n. 70, p. 749-758, 2011. Disponível em:

<<http://www.waterfootprint.org/Reports/Chapagain-Hoekstra-2011-waterfootprint-rice.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2014.

CHAPAGAIN, A. K., HOEKSTRA, A. Y., SAVENIJE, H. H. G., GAUTAM, R. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. **Ecological Economics**, v. 60, n. 1, p. 186-203, 2006.

Disponível em:

<http://www.waterfootprint.org/Reports/Chapagain_et_al_2006_cotton.pdf>.

Acesso em: 24 ago. 2013.

CHAPAGAIN, A. K., ORR, S. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of Spanish tomatoes. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 1219-1228, 2009. Disponível em:

<<http://www.waterfootprint.org/Reports/Chapagain-and-Orr-2009.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2013.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 120 p.

CHEN, Z-M., CHEN, G. Q. Virtual water accounting for the globalized world economy: national water footprint and international virtual water trade. **Ecological Indicators**, v. 28, p. 142-149, mai. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12002890>>. Acesso em: 20 set. 2013.

CHICO, D., ALDAYA, M. M., GARRIDO, A. Water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 238-248, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261300382X>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

COFACE (COFACE DO BRASIL SEGUROS DE CRÉDITO INTERNO S.A.).

Estudo da Coface mostra reflexos da crise no setor de construção civil nos EUA e na Europa. Disponível em:

<http://www.coface.com.br/CofacePortal/ShowBinary/BEA%20Repository/BR/pt_PT/news/_docs/coface_na_impresa/20120207b.pdf;jsessionid=QLQWwZX3Nn7fpwTvn9ZlyJnRxdTJvGpGTWRbwy84yVHvyFb2Bfht!-352164753!1850697636>.

Acesso em: 10 fev. 2014.

CRAWFORD, R. H. Life Cycle Water Analysis of an Australian Residential Building and its Occupants. Melbourne: Australian Life Cycle Assessment Society Inc. In: AUSTRALIAN CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, v.7, 2011, p.1-10. **Anais...** Disponível em:

<<http://www.conference.alcas.asn.au/2011/Crawford LCA 2011 revised final.pdf>>.

Acesso em: 6 dez. 2013.

DA SILVA, V. DE P. R., MARACAJÁ, K. F. B., ARAÚJO, L. E. DE., DANTAS NETO, J., ALEIXO, D. DE O., CAMPOS, J. H. B. DA C. Pegada hídrica de indivíduos com diferentes hábitos alimentares. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 1,

2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/18.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

DANTAS, E. J. da C. **Análise comparativa entre a pegada hídrica do norte de Portugal e a pegada hídrica nacional**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Economia e Política do Ambiente) - Escola de Economia e Gestão, Universidade do Minho, Gualtar, Braga, 2012.

DEL-CASTILLO, E. G., VELÁZQUEZ, E. From water to energy: the virtual water content and water footprint of biofuel consumption in Spain. **Energy Policy**, v. 38, n. 3, p. 1345-1352, mar. 2010. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/223859191_From_water_to_energy_The_virtual_water_content_and_water_footprint_of_biofuel_consumption_in_Spain>. Acesso em: 3 nov. 2013.

DELAI, I.; TAKASHI, S. Uma proposta de modelo de referência para mensuração da sustentabilidade corporativa. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 19-40, 2008. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/download/932>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

DONG, H., GENG, Y., SARKIS, J., FUJITA, T., OKADERA, T., XUE, B. Regional water footprint evaluation in China: a case of Liaoning. **Science of The Total Environment**, v. 442, p. 215-224, jan. 2013. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/233768824_Regional_water_footprint_evaluation_in_China_A_case_of_Liaoning>. Acesso em: 25 mai. 2014.

EMPINOTTI, V. L., JACOBI, P. R. Novas práticas de governança da água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, v. 27, p.23-26, jan./jun.2013. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/made/article/view/27928>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

ENE, S. A., TEODOSIU, C., ROBU, B., VOLF, I. Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 122-135, mar. 2013. Disponível em: <http://www.academia.edu/7156369/Authors_personal_copy_Water_footprint_assessment_in_the_winemaking_industry_a_case_study_for_a_Romanian_medium_size_production_plant>. Acesso em: 18 fev. 2014.

ERCIN, A. E., ALDAYA, M. M., HOEKSTRA, A. Y. The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 392-402, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X11004110>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

_____. Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint sugar-containing carbonated beverage. **Water Resour Manage**, n.25, p.721-741, 2011.

EWING, B. R., HAWKINS, T. R., WIEDMANN, T. O., GALLI, A., ERCIN, A. E., WEINZETTEL, J., STEEN-OSLEN, K. Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input–output framework. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 1-8, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12000714>>. Acesso em: 5 dez. 2013.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). Technical conversion factors for agricultural commodities, **FAO**, Rome. Disponível em: <www.fao.org/fileadmin/tempaltes/ess/documents/metodology/tcf.pdf> . Acesso em: 02 jul. 2014.

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, G., RODRÍGUEZ-LÓPEZ, F. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management – application to infrastructure projects in Spain. **Ecological Indicators**, n. 10, p.1193-1201, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X10000798>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

FERREIRA, D. D. M. **Gestão e uso da água na suinocultura: um diagnóstico a partir de comparação de pegadas hídricas**. 2012. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Departamento de Engenharia do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FIESP (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO). Construção cresce menos do que a economia como um todo em 2013. **Boletim Conjuntura da Construção**. Departamento da Indústria da Construção – DECONCIC, 2014. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/construcao-noticias/construcao-cresce-menos-do-que-a-economia-come-um-todo-em-2013/>>. Acesso em: 06 jul. 2014.

FREITAS, S. C. de. **Estimativa da pegada hídrica cinza relativa ao fósforo na bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau (DF/GO)**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

GALLI, A., WIEDMANN, T., ERCIN, E., KNOBLAUCH, D., EWING, B., GILJUM, S. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. **Ecological Indicators**, n. 16, p.100-112, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X11001889>>. Acesso em: 16 set. 2013.

GAO, C., WANG, D., DONG, H., CAI, J., ZHU, W., DU, T. Optimization and evaluation of steel industry’s water-use system. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 1, p.64-69, jan. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.013>>. Acesso em: 17 nov. 2013.

GE, L., XIE, G., ZHANG, C., LI, S., QUI, Y., CAO, S., HE, T. An evaluation of China’s water footprint. **Water Resour Manage**, n.25, p.2633-2647, 2011.

Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-011-9830-1>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

GFN (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK). **Ecological Footprint: Overview**, 2007. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em: 08 jun.2014.

GLEICK, P. H. **Water in Crisis: a guide to the world's fresh water resources**. Oxford University Press: Oxford, 1993.

GRAÇA, C. A. L. **Pegada hídrica: um estudo de caso de água cinzenta de um produto agrícola**. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

GRIFFITHS, P. I. J., SMITH, R. A., KERSEY, J. **Resource flow analysis: measuring sustainability in construction**, Issue ES3, p. 147-155, Setember 2003.

HABERT, G., CASTILLO, E., MOREL, J. C. Sustainable indicators for resources and energy in building construction. *In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES. Anais...* Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy, 28 a 30 jun. 2010. Disponível em: <<http://www.claisse.info/2010%20papers/k30.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

HERATH, I., GREEN, S., SINGH, R., HORNE, D., ZIJP, S. VAN DER, CLOTHIER, B. Water footprinting of agricultural products: a hydrological assessment for the water footprint of New Zealand's wines. **Journal of Cleaner Production**, n. 41, p. 232-243, 2013.

HOEKSTRA, A. Y. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. **Value of water research report series**, n.12, 12-13 December 2002, Ed. 2003, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2014.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard**. London: Earthscan, UK, 2011.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. **Globalization of water: sharing the planet's freshwater resources**. Blackwell Publishing: Oxford, 2008.

_____. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. **Ecological Economics**. Science Direct, v. 64, n. 1, p.143-151, out. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907001395>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trad. **Value of water**

research report series. Institute for Water Education. Holanda: UNESCO-IHE, p.66, 2002.

HOEKSTRA, A.Y., MEKONNEN, M. M. **The water footprint of humanity**, Proceedings of the National Academy of Sciences. PNAS, n. 9, v. 109, fev. 2012. Disponível em: < www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1109936109>. Acesso em: 2 ago. 2014.

HUANG, J., ZHANG, H-L., TONG, W-J., CHEN, F. The impact of local crops consumption on the water resources in Beijing. **Journal of Cleaner Production**, v. 21, n. 1, p. 45-50, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611003453>>. Acesso em: 02 jan. 2014.

HUBACEK, K., GUAN, D., BARRETT, J., WIEDMANN, T. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: ecological and water footprints. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 14, p. 1241-1248, set. 2009. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652609001061>>. Acesso em: 05 dez.2013.

INMETRO (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA). **Veículos leves 2012 – Tabela de consumo/eficiência energética para veículos automotores leves.** Disponível em:< www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2012.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2014.

IPECE (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ). **Participação (%) do PIBpm do Ceará sobre o PIBpm do Brasil 2000 – 2010(a).** PIB Anual. Disponível em: < <http://www.ipece.ce.gov.br/categoria2/pib/pib>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

_____. **Principais resultados do Valor Adicionado a preços básicos por setores de atividades – 2010(b) – Ceará - Brasil.** PIB Anual – Estrutura Setorial (%) do Valor Adicionado. Disponível em: < <http://www.ipece.ce.gov.br/categoria2/pib/pib>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

_____. **Evolução do VA das principais atividades da indústria – Ceará 1º Trimestre/2007-2011.** Informe nº 7, jun. 2011. Disponível em: < http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ipece-informe/lpece_Informe_07_junho_2011.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2014.

_____. **Taxa de crescimento (%) do PIB e Valor Adicionado por atividades – Ceará.** Informe nº 70, dez. 2013. Disponível em: < http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ipece-informe/lpece_Informe_70_30_dezembro_2013.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2014.

JACOBS, H., ILEMOBADE, A. Preface: water footprint. **Water Research Commission**, v. 39, n. 3, 2013, p. 341-344.

JEFFERIES, D., MUÑOZ, I., HODGES, J., KING, V. J., ALDAYA, M., ERCIN, A. E., CANALS, L. M. Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption. Key learning points from pilot studies on tea and margarine. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, set. 2012, p. 155-166.

JESWANI, H. K., AZAPAGIC, A. Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 2, ago. 2011, p. 1288-1299.

JOHN, V. M. O meio ambiente e a reciclagem. **Revista Eletrônica de Administração**, v.4, n.1, 2005. Disponível em: <<http://reciclagem.pcc.usp.br/apres1.htm>>. Acesso em: 20 out. 2014.

JUNGLES, A. E., VELASQUEZ, D., YANFUL, E. K., BITTENCOURT, M. Análise de ciclo de vida da energia utilizada por um edifício com certificação LEED-gold na Universidade de Western Ontário em London, Canadá. *In*: VI ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES. **Anais...** Vitória, 2011. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_020.pdf#page=1&zoom=auto,0,842>. Acesso em: 10 nov. 2013

KAJIKAWA, Y., INOUE, T., GOH, T. N. Analysis of building environment assessment frameworks and their implications for sustainability indicators. **Sustain Sci**, n. 6, p. 233-246, April 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11625-011-0131-7>>. Acesso em: 14 mai. 2013.

KALBUSCH, A. **Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida**. 2011. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

KITAMURA, S. **Estudo experimental sobre a influência da substituição do agregado miúdo natural por granito triturado, nas propriedades do concreto cimento Portland**. 2011. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

KLUENDER, E. J. Quantification of water footprint: calculating the amount of water needed to produce steel. *Journal of Purdue Undergraduate Research*, n.3, p.50-57, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5703/jpur.03.1.08>>. Acesso em: 08 dez. 2013.

KOEHLER, A. Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 13, n. 6, p.451-455, 2008.

KOTAJI, S.; SCHUURMANS, A.; EDWARDS, S. **Life-Cycle Assessment in Building and Construction: A State-Of-The-Art Report of Setac Europe**. [s.i.]: S e T A C Foundation, 2003, 150 p.

KOTSUKA, L. K. **Avaliação dos conceitos de água virtual e pegada hídrica na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da soja e óleo de soja**. 2013. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KROL, M. S., ANNEKATHRIN, J., AXEL, B., ANDREAS, G. Integrated modelling of climate, water, soil, agricultural and socio-economic processes: a general introduction of the methodology and some exemplary results from the semi-arid north-east of Brazil. **Journal of Hydrology**, 328 (3-4), p.417-431, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169405006463>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

KROL, M. S., BRONSTERT, A. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. **Environmental Modelling & Software**, n. 22, v. 2, p. 259-268, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815205001854>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

KUA, H. W., LEE, S. E. Demonstration intelligent building – a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment. **Building and Environment**, n. 37, p. 231-240, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132301000026>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

LAMBOOY, T. Corporate social responsibility: sustainable water use. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 8, p. 852-866, mai. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610003598>>. Acesso em: 26 mai. 2013.

MARANO, R. P. **Manejos da irrigação e da adubação na cultura de arroz (Oryza sativa L.) visando incrementar a eficiência do uso da água e do nitrogênio**. 314 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MARTINS, M.F; CÂNDIDO, G. A. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.revistargsa.org/rgsa/article/view/229>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

MCCARTHY, J. J., CANZIANI, O. F., LEARY, N. A., DOKKEN, D. J., WHITE, K. S. IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). *In*: CLIMATE CHANGE 2001. **Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Cambridge University Press, London, UK, p.1032, 2001.

MELLO, L. C. B. de B.; AMORIM, S. R. L. de. The subsector of buildings of the civil construction in Brazil: a x-ray of the sector compared to the European Union and the United States. **Revista Production**, v. 19, n. 2, p.388-399, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 fev. 2014.

MELLO, E. L. de, OLIVEIRA, F. A., PRUSKI, F. F., FIGUEIREDO, J. C. Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu (médio São Francisco). **Engenharia Agrícola**, v.28, n. 4, p.635-644, Out./Dez. 2008. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/4f809c7624e5a232ce4eb3310b6f6f2a_4a43073955299f930c865d81b8ed25a7.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2013.

MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A. Y. Mitigating the water footprint of export cut flowers from the Lake Naivasha Basin, enyz, **Value of Water Research Rport Series**, n. 45, UNESCO-IHE. Delft, Netherlands, 2010. Disponível em: <www.waterfootprint.org/Reports/Report45-WaterFootprint-Flowers-Kenyz.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2014.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 10, n. 16, p. 22-41, 2004. Disponível em:<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/eed/article/view/3442>>. Acesso em: 5 out. 2013.

MILÀ i CANALIS, I., CHENOWETH, J., CHAPAGAIN, A., ORR, S., ANTÓN, A., CLIFT, R. Assessing freshwater use impacts in LCA: Part I- inventory modelling and characterization factors for the main impact parthways. **Journal of Life Cycle Assessment**, v. 4, n. 1, p.28-42, 2009. Disponível em:<<http://link.springer.com/article/10.1007/s11367-008-0030-z>>. Acesso em: 10 fev.2014.

MILLER, R. E., BLAIR, P. D. **Input-output analysis – foundations and extensions**. Second Edition. Cambridge University Press, 2009

MINEROPAR. **Importância dos recursos minerais**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=28>>. Acesso em: 23 nov. 2013.

MIRANDA, S. E. R. **Pegada de água associada à preparação de hortícolas numa unidade de restauração**. 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado em Alimentação Coletiva) - Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto , Portugal, 2013.

MIYAZATO, T; OLIVEIRA, C. T. A. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): aplicações e limitações no setor da construção civil. *In: V ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. ELECS 2009*. Recife, 28 a 30 out., 2009. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009_artigo_049.PDF>. Acesso em: 11 nov. 2013.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Construção sustentável.**

Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel> >. Acesso em: 2 out. 2014.

MOTO.COM.BR. Nova CG Titan faz mais de 40 km/l. Disponível em:

<http://www.moto.com.br/testes/conteudo/nova_cg_titan_faz_mais_de_40_kml-20229.html>. Acesso em: 18 ago. 2014.

MOURÃO, C. A. M. do A., VALENTE, C. P. **Coletânea Lean & Green.** 1ª Edição: Fortaleza, 2013. C. Rolim Engenharia Ltda.

MROUEH, U.M., ESKOLA, P., LAINE-YLIJOKI, J. Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction. **Waste Manage**, n. 21, v. 3, p.271-277, 2001. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X00001008>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

MUBAKO, S., LAHIRI, S., LANT, C. Input–output analysis of virtual water transfers: case study of California and Illinois. **Ecological Economics**, v. 93, p. 230-238, set. 2013. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800913002012>>. Acesso em: 16 fev. 2014.

MÜLLER, G. T. **Emprego da pegada hídrica e análise do ciclo de vida para a avaliação do uso da água na cadeia produtiva de biodiesel da soja.** 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

NAHB (NATIONAL ASSOCIATION OF HOME BUILDERS). Database.

Disponível em: < <http://www.nahb.org/#> >. Acesso em: 10 fev. 2014.

NZWA (NEW ZEALAND WINE REPORT). **Wine Annual New Zealand, 2011,** NZ1104. Disponível em: <<http://nzwine.com>>. Acesso em: 26 out. 2013.

OEL VAN, P. R., HOEKSTRA, A. Y. Towards quantification of the water footprint of paper: a first estimate of its consumptive component. **Water Resources Management**, v. 26, n. 3, p. 733-749, fev. 2012. Disponível em: <

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-011-9942-7>>. Acesso em: 3 ago. 2013.

OEL VAN, P. R., MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A. Y. The external water footprint of the Netherlands: geographically-explicit quantification and impact assessment. **Ecological Economics**, v. 69, n. 1, p. 82-92, 2009. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909002973> >. Acesso em: 15 set. 2013.

OJIMA, A. L. R. de O., OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T.do, CARMO, R. L. do. A (nova) riqueza das nações: exportação e importação brasileira da água virtual e os

desafios frente às mudanças climáticas. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p.64-73, jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T%26IA/T%26IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_Riqueza.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). Nosso Futuro Comum. CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, **Relatório de Brundtland**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

ORTIZ, O., CASTELLS, F., SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA. **Construction and Building Materials**, n. 23, p. 28-39, 2009. Disponível em:<http://www.researchgate.net/publication/222405865_Sustainability_in_the_construction_industry_A_review_of_recent_developments_based_on_LCA/file/60b7d526fff82f1ba2.pdf>. Acesso em: 26 out. 2013.

PAGE, G., RIDOUTT, B., BELLOTTI, B. Carbon and water footprint tradeoffs in fresh tomato production. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 219-226, set. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612001849>>. Acesso em: 26 out. 2013.

PAIC. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2011** – IBGE. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Industria_da_Construcao/Pesquisa_Anual_da_Industria_da_Construcao/2011/PAIC2011.pdf> Acesso em: 29 de jan.2014.

PALHARES, J. C. P. Pegada hídrica de suínos e o impacto de estratégias nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.5, p.533-538, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=11>. Acesso em: 10 ago. 2014.

PEREIRA, C. de L. F. **Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais, estudo de caso: suco de laranja e etanol**. 2008. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PINA, L. A. B. de. **Pegada de água associada à produção do vinho verde branco**. 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, 2010.

PINI. **Tabela de composição de preços para orçamentos (TPCO)** – Engenharia civil, construção e arquitetura. 13ª Edição. PINI: 2010.

PIRES, A. C., SOUZA-PAULA, M. C. de, VILLAS BÔAS, R. C. **A Avaliação do Ciclo de Vida: a ISO 14040 na América Latina**. Brasília: Abipti, p.337, 2005.

PRESLEY, A., MEADE, L. Benchmarking for sustainability: an application to the sustainable construction industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 17, n. 3, p.435-451, 2010. Disponível em:

<<http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/14635771011049380>>. Acesso em: 5 abr. 2014.

RAMÍREZ, B. Atrás dos passos da pegada hídrica. **Revista Acqua Vitae**, São Paulo, n. 8, ano 5, p.36-41, 2009. Disponível em: <<http://www.projetohydros.com/inspira/aquavitae>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

RATTNER, H. Sustentabilidade – uma visão humanista. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 5, p. 233-240, jul-dez.,1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1414-753X1999000200020&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 05 abr. 2014.

RESENDE NETO, A. **Sustentabilidade, água virtual e pegada hídrica: um estudo exploratório no setor bioenergético**. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RIDOUTT, B. G., PFISTER, S. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. **Global Environmental Change**, n. 20, p.113-120, 2010. Disponível em:<<http://www.saiplatform.org/uploads/Library/RidouttPfister-WFalternative-2009.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2013.

ROODMAN, D. M., LENSSEN, N. A Building Revolution: How Ecology an Health Concerns are Transforming Construction. **World Watch Paper**, n. 124, World Watch Institute, 1995. Disponível em: <http://www.worlddocx.com/12052/www.worlddocx.com_9593.doc>. Acesso em: 8 jan. 2013.

SAUSSE, C. On the water footprint of energy from biomass: a comment. **Ecological Economics**, v. 71, 2011, p. 1-4.

SEINFRA-CE (SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DO GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ). Tabela de Custos – Versão 022 (sem desoneração). Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos-unificada>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

SEIXAS, V. S. de C. **Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas**. 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SHAO, L., CHEN, G. Q. Water footprint assessment for wastewater treatment: method, indicator and application. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 14, p. 7787-7794, 2013. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es402013t>>. Acesso em: 5 ago. 2014.

SHEN, J., QIAN, X. Addressing the water footprint concept: a demonstrable strategy for papermaking industry. **BioResources**, Raleigh (Carolina do Norte), v. 7, n. 3, p. 2707-2710, 2012. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=info:j_AwVzv20ogJ:scholar.google.com/&

output=instlink&hl=pt-BR&as_sdt=0,5&scillfp=2148957036644243803&oi=lle >. Acesso em: 18 jun. 2014.

SILVA, C. I. S. **Desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo para determinação da pegada de água**. 2009. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Politécnico de Lisboa e Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2009.

SILVA, F. B., BARROS, M. M. S. B. Planejamento de processos de construção para produção industrializada de edifícios habitacionais: apresentação de um plano de ação. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (BT/PCC/580)**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, n.1, 2013.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SINDUSCON (SINDICATO DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO). Construção civil gera empregos. *Jornal da Construção*, ano 1, jul. 2014, edição 3. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org.br/downloads/publicacoes/4e713a24aa40c73fd16dc5fc88e42660.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 383, 2010, de 29 de março de 2010. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 370, 2009, de 19 de novembro de 2009. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 256, 2007, de 14 de março de 2007. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 241, 2006, de 21 de novembro de 2006. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 162, 2005b, de 05 de maio de 2005. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

_____. Informativo SINDUSCON-CE nº 148, 2005a, de 05 de maio de 2005. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/sinduscon-noticias.html>>. Acesso em: 09 fev. 2014.

SJÖSTRÖM, C. Approaches to sustainability in building construction. **Structural Concrete**, v.2, n. 3, p.111-119, Setember, 2001. Disponível em: <

http://www.sefindia.org/forum/files/durable_concrete_structmehtaci2001_178.pdf >. Acesso em: 20 ago. 2014.

_____. Durability and sustainable use of building materials. *In: Sustainable use of materiais*. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. London BRE/RILEM, 1996.

SOARES, R. B., CAMPOS, K. C. Uso e disponibilidade hídrica no semiárido do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXII, n. 3, p. 48-57, jul/ago/set. 2013.

Disponível em: <

<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/767/724>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M. de; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. **Construção e Meio Ambiente**. Coletânea Habitare, v. 7. Porto Alegre: ANTAC, p. 96-127, 2006. Disponível em: <

http://www.habitare.org.br/arquivosconteudo/ct_7_cap4.pdf >. Acesso em: 26 jun. 2013.

SOUZA, J. L., FERREIRA, F. E. F. R., STUDART, T. M de C., SOUZA FILHO, F. de A. de. Pegada hídrica em uma comunidade de consumidores em Fortaleza/CE: análise das pegadas rápida e estendida na metodologia 'Water Footprint Network'.

Revista Econômica do Nordeste, v. 45, n. 3, 2014, p.17-32, jul-set., 2014.

Disponível em: < http://200.217.154.7/content/aplicacao/publicacoes/ren-numeros_publicados/docs/ren_2014_n3_21_v1.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

SOUZA FILHO, F. de A. **Alocação de Água Sazonal e Anual: Modelos Matemáticos, Experimentação Comportamental e Justiça Alocativa**. 2006. 416 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

STEEN-OSLEN, K., WEINZETTEL, J., CRANSTON, G., ERCIN, A. E.,

HERTWICH, E. G. Carbon, land and water footprint accounts for the European Union: consumption, production and displacements through international trade.

Environmental Science & Technology, v. 46, p. 10883-10891, 2012. Disponível

em: < <http://www.waterfootprint.org/Reports/Steen-Olsen-et-al-2012.pdf> >. Acesso em: 20 mai. 2013.

STOEGLEHNER, G., EDWARDS, P., DANIELS, P. NARODOSLAWSKY, M.

The water supply footprint (WSF): a strategic planning tool for sustainable regional and local water supplies. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 15, p. 1677-1686, out. 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611001909> >. Acesso em: 25 jan. 2013.

STRIEDER, A. C.; DELUQUE, M.; SCHADECK, M. Desenvolvimento sustentável: a responsabilidade dos futuros governantes municipais. **Revista de Administração**, v. 10, n. 17, 2012. Disponível em:

<<http://www.revistas.fw.uri.br/index.php/revistadeadm/article/download/946/1400>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

TEITENBERG, T. H. **Environmental and natural resource economics**. Issue 6, Assison Wsley, p. 127-130, 2003.

TEIXEIRA, L. P., CARVALHO, F. M. A. de. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 109, p. 9-26, jul/dez. 2006. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/revista_PR/109/luciene_outros.pdf>. Acesso em: 15 set. 2014.

TRIBUNA DO CEARÁ. **Renda dos 10 bairros mais ricos de Fortaleza é igual a dos 44 bairros mais pobres**. Disponível em: <<http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/fortaleza/renda-dos-10-bairros-mais-ricos-de-fortaleza-e-igual-a-dos-44-bairros-mais-pobres/>>. Acesso em: 24 ago. 2014.

TURNER, R. K., PEARCE, D. W. Sustainable Development: Ethics and Economics. Centre for Social and Economics Research on the Global Environmental (CSERGE). University of East Anglia and University College, Londres. **CSERGE Working Paer PA92-09**, 1992. Disponível em: <http://www.uea.ac.uk/env/cserge/pub/wp/pa/pa_1992_09.htm>. Acesso em: 27 jul. 2014.

UGWU, O. O., HAUPT, T. C. Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability – a South African construction industry perspective. **Building and Environment**, n. 42, p.665-680, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305004555> >. Acesso em: 17 mai. 2013.

UNESCO-IHE . Water footprint analysis for the Guadiana river basin. **Value of Water Research Report Series**, n. 35, nov. 2008, Delft, Netherlands.

UNESCO-IHE. Water footprints of nations. **Value of Water Research Report Series**, v. 1, n. 16, Delft, Netherlands, nov. 2004, Delft, Netherlands.

UNIÃO EUROPEIA. Davis Langdon. Comissão Europeia. **Towards a common European methodology for Life Cycle Costing (LCC): Literature Review**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/files/compet/life_cycle_costing/literat_review_en.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2013.

USGBC GREEN BUILDING INTERNATIONAL CONFERENCE & EXPO. **Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems**. Austin: Buildinggreen Inc, 2002. Disponível em: <[http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/Green Materials/Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems.pdf](http://www.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/Green%20Materials/Integrating%20LCA%20Tools%20in%20Green%20Building%20Rating%20Systems.pdf)>. Acesso em: 6 dez. 2013.

VAN DER LEEDEN, F., TROISE, F. L., TODD, D. K. The water encyclopedia, second edition, CRC Press: Boca Raton, Fl, 1990. Disponível em: <<http://www.library.wisc.edu/selectedtocs/aa472x.pdf> >. Acesso em: 2 mai. 2014.

VANHAM, D., BIDOGLIO, G. A review on the indicator water footprint for the EU28. **Ecological Indicators**, v. 26, p. 61-75, 2013. Disponível em: <

<http://139.191.1.98/es/aquaknow-sandbox/system/files/Indicator%20Water%20Footprint%20for%20the%20EU28.pdf> >. Acesso em: 2 jun. 2014.

VEIGA, J. E. da. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, v. 29, n. 4, São Paulo, Out/Dez, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31572009000400007&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 out. 2014.

VIJAYAN, A., KUMAR, A. A review of tools to assess the sustainability in building construction. **Environmental Progress**, v. 24, n. 2, p. 125-132, Jul. 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.10065/full>>. Acesso em: 6 out. 2013.

VELÁZQUEZ, E., MADRID, C., BELTRÁN, M. J. Rethinking the concepts of virtual water and water footprint in relation to the production–consumption binomial and the water–energy nexus. **Water Resources Management**, , v. 25, n. 2, p. 743-761, jan. 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11269-010-9724-7>>. Acesso em: 18 dez. 2013.

_____. Virtual water, water footprint and other indicators of water sustainability. A necessary conceptual and methodological revision. *In: 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF SOCIETY OF EUROPEAN ECOLOGICAL ECONOMICS*. Ljubljana, Slovenia, Jul. 2009.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Our Ecological Footprint. Gabriola Island, BC and Stony Creek. CT: **New Society Publishers**, 1996. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31572009000400007&script=sci_arttext>. Acesso em: 13 jan. 2014.

WANG, Z., HUANG, K., YANG, S., YU, Y. An input-output approach to evaluate the water footprint and virtual water trade of Beijing, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 42, , p. 172-179, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612005963>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

WFN (WATER FOOTPRINT NETWORK). Disponível em:<<http://www.waterfootprint.org/?page=cal/WaterFootprintCalculator>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

WIEDMANN, T. A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. **Ecological Economics**, n 69, 2009. Disponível em: <<http://www.sei-international.org/publications?pid=1321>>. Acesso em: 6 ago. 2013.

ZAFFANI, A. G., BRESSIANI, D. A., PEHOVAZ-ALVAREZ, R., MENDIONDO, M. A poluição da drenagem urbana relacionada com a pegada hídrica cinza: caso da cidade de São Carlos, SP. *In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011. **Anais....** Disponível em:<<https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e4acb26205275269c336ed80e81>>

e85b4_706a8262ce1edd76a4e1f891a048a9b1.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 14 out. 2013.

ZHANG, Z., SHI, M., YANG, H. Understanding Beijing's water challenge: a decomposition analysis of changes in Beijing's water footprint between 1997 and 2007. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 22, p. 12373-12380, 2012. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es302576u>>. Acesso em: 9 set. 2013.

ZHANG, Z., YANG, H., SHI, M. Analyses of water footprint of Beijing in an interregional input-output framework. **Ecological Economics**, n.70, p. 2494-2502, 2011.

ZHAO, X., CHEN, B., YANG, Z. F. National water footprint in an input-output framework – a case study of China 2002. **Ecological Modelling**, v. 220, n. 2, 24 jan. 2009, p. 245-253. Disponível em: <http://www.sze.hu/fk/kornyezet/Cikkek9/Analyses-of-water-footprint-of-Beijing-in-an-interregional-input-output-framework_2011_Ecological-Economics.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MODELO CARTA PADRÃO ENVIADA AOS FORNECEDORES

Correspondência nº «Sequência»/2014

Fortaleza, ___/___ de 2014.

À

«Nome_da_empresa»

«Responsável»

«Endereço» - «CEP» - «Cidade» - «Estado»

«Email» - «Telefone_comercial»

O Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (DEHA-UFC) - área de concentração Recursos Hídricos - juntamente com a empresa **C. ROLIM ENGENHARIA LTDA.** (CNPJ nº 35.094.382/0001-44) vêm desempenhando pesquisas científicas a fim de **estimar o consumo direto e indireto do componente hídrico (água)** nas atividades de construção civil de empreendimentos imobiliários.

Para tanto precisamos da informação do montante (volume, de acordo com a unidade de medida específica de cada item) desse componente utilizado na produção/fabricação do(s) INSUMO(S) abaixo relacionado(s), que ora adquirimos de vossa empresa.

INSUMOS	
«Insumo_1»	«Insumo_10»
«Insumo_2»	«Insumo_11»
«Insumo_3»	«Insumo_12»
«Insumo_4»	«Insumo_13»
«Insumo_5»	«Insumo_14»
«Insumo_6»	«Insumo_15»
«Insumo_7»	«Insumo_16»
«Insumo_8»	«Insumo_17»
«Insumo_9»	«Insumo_18»

Estamos a disposição para maiores esclarecimentos nos telefones < nº telefone de contato > (falar com < pessoa de contato >) e e-mail: < e-mail da pessoa de contato >.

Atenciosamente,

JACKELINE LUCAS SOUZA

Pesquisadora da Universidade Federal do Ceará (UFC)

FRANCISCO DE ASSIS DE S.FILHO

Coord. Doutorado em Eng. Civil da UFC

JOSÉ DE PAULA BARROS NETO

Diretor do Centro de Tecnologia da UFC

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA PH TRABALHADOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA

PH DO TRABALHADOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA EM FORTALEZA/CE

	DADOS GERAIS DA OBRA (CADASTRO NO SISTEMA)
	Nome da empresa (construtora):
	Nome do empreendimento (obra):
	Período total de execução da obra (dias): ___/___/___ a ___/___/___
	Horário de trabalho (h): _____ as _____
	Horário de descanso (h): _____ as _____
	Área total do terreno (m ²):
	Características do imóvel: n. andares, n. quartos, n. suítes, dependência empregada, n. vagas garagem, área privativa (m ²), n. torres, itens área de lazer (piscina, bar molhado, quadra poliesportiva, sauna, academia - fitness, jardim, salão de festas, sala de jogos, espaço gourmet, churrasqueira, playground, redário, home theater, boate.

Itens cadastro trabalhador	CARACTERÍSTICAS DO TRABALHADOR
	Tempo de aplicação do questionário (min): _____ as _____
	Nome:
	CPF:
	Função do trabalhador:
	Bairro:
	Idade:
	Horário de trabalho (<i>incluindo período de ida e volta – hora</i>)
	Período de permanência do trabalhador (meses):
	PH INDIRETA: consumo de alimentos e outros bens na obra
2	Você almoça de marmita, self-service e casa? (marmita, self-service e casa)
3	Produtos derivados de cereais (trigo, arroz, milho, feijão, ... em Kg/mês, de segunda a sexta)
4	Tipos de carnes consumidas (Kg, considerando de segunda a sexta. Tipo: boi, carneiro, porco)
5	Número de ovos (unid./mês, considerando de segunda a sexta)
6	Como é o seu consumo de açúcar e doces? (1-Baixo; 2-Médio; 3-Alto)
7	Consumo de vegetais (kg/mês)
8	Raízes ricas em amido (batata, mandioca, cenoura, ... em kg/mês)
9	Você bebe suco durante o almoço? (1-Sim; 2-Não)
10	Quantos sucos de 150 ml por dia?
11	Quantas xícaras de café você toma por dia?
12	Quanto de leite você toma por dia? (litros)
13	Quanto de queijo por dia? (Fatia de queijo)
14	Consumo de frutas (unid./mês e tipo – p. ex.: maçã, laranja, pera, uva, manga, banana, ...)
15	Toma alguma bebida industrial durante o trabalho? (1-Sim; 2-Não)
16	Que tipo de bebida e quantas vezes? (unid./semana)
17	Qual tipo de transporte você utiliza para ir e voltar? (percurso do casa/trabalho/casa) Ônibus b) Bicicleta c) Moto (tipo) d) Carro (combustível) e) Outro (especificar)
18	Que tipo de roupa você utiliza para ir e voltar do trabalho? Calça jeans b) Bermuda c) Camisa d) Outro (especificar)
	PH DIRETA: uso pessoal da água na obra
19	Copos de água por dia (medida copo 150 ml, no trabalho e no trajeto ida e volta casa/trabalho, de seg. a sexta)?
20	Bebe água direto no bebedouro? (1-Sim; 2-Não)

21		Você bebe água de outro lugar (1-Sim; 2-Não)
22		Onde? (editar de forma escrita)
23		Bebe água quantas vezes por dia (de segunda a sexta)?
24		Bebe no bebedouro durante quanto tempo de cada vez (segundos)?
25		Quantos banhos de chuveiro você toma por dia? (de segunda a sexta)
26		Quantas vezes por dia você escova os dentes, barbeia ou lava as mãos? (de segunda a sexta)
27		Qual o tempo médio de duração dessa atividade a cada vez? (minutos/tarefa)
28		Você deixa a torneira aberta quando vai escovar os dentes e fazer a barba? (1-Sim; 2-Não)
29		Você lava o seu prato, copo e talher na obra? (1-Sim; 2-Não)
30		Você lava quantas vezes por dia (de segunda a sexta)?
31		Quanto tempo para cada lavagem? (minutos/lavagem)
32		Qual percentual de água você acredita que é desperdiçado a cada lavagem (% redutor)?
33		Quantas vezes ao dia você vai ao banheiro (de segunda a sexta)?
34		Quantas descargas você dá durante cada uso do banheiro? (ver vazão da descarga)
35		Qual o tipo de descarga? (Tipo, especificar)
		PH INDIRETA: consumo de alimentos em casa
36		Você toma café, lancha ou janta em casa, nos horários fora do expediente, de segunda a sexta? (1-Sim; 2-Não)
		Em caso positivo, qual a composição de cada uma dessas refeições?
37		Arroz b) Feijão c) Macarrão d) Ovos e) Carne (especificar tipo) f) Outro (especificar)
		PH DIRETA: uso pessoal da água em casa
38		A água que você utiliza em casa em encanada ou manual? (1-Encanada; 2-Manual)
39		Você toma banho antes e depois do trabalho, em casa? (1-Sim; 2-Não)
40		Quantas vezes ao dia (de segunda a sexta)?
41		Qual o tempo médio de duração dessa atividade (de segunda a sexta)?
42		Você vai ao banheiro antes e depois do trabalho, em casa? (1-Sim; 2-Não)
43		Quantas vezes ao dia (de segunda a sexta)?
44		Quantas descargas você dá a cada vez que vai ao banheiro em casa (de segunda a sexta)?
45		Qual o tipo de descarga em casa (capacidade em m ³ de acordo com o tipo de descarga)?
46		Você escova os dentes, barbeia ou lava as mãos antes e depois do trabalho, em casa (de segunda a sexta)? (1-Sim; 2-Não)
47		Quantas vezes ao dia (de segunda a sexta)?
48		Qual o tempo médio de duração dessa atividade (minutos)?
49		Você deixa a torneira aberta quando vai escovar os dentes ou faz a barba? (1-Sim; 2-Não). (Se SIM qual a percentagem na seguinte).
50		Quanto em percentual você acredita que a torneira fica fechada deste tempo? (%)
51		Você bebe água antes e depois do trabalho, em casa? (1-Sim; 2-Não)
52		Quantos copos (150 ml/cada) (de segunda a sexta)?

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

**APÊNDICE C – CÁLCULO PH TRABALHADOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL
IMOBILIÁRIA EM CADA QUESTÃO**

Questão 3	
Q3) Quantidade de cada cereal informado	
(x) PH de cada tipo de cereal cadastrado na categoria ‘Cereais’	
(=) PH de Cereais do trabalhador/semana (l/kg)	
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)	
(=) PH de Cereais do trabalhador/mês (l/kg)	
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela ‘Trabalhador’	
(=) PH de Cereais do trabalhador pelo período da obra (l/kg)	
Questão 4	
Q4) Quantidade de cada tipo de carne informada	
(x) PH de cada tipo de carne cadastrado na categoria ‘Carnes’	
(=) PH de Carnes do trabalhador/semana (l/kg)	
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)	
(=) PH de Carnes do trabalhador/mês (l/kg)	
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela ‘Trabalhador’	
(=) PH de Carnes do trabalhador pelo período da obra (l/kg)	
Questão 5	
Q5) Quantidade de ovos informada	
(x) PH do ovo cadastrado na categoria ‘Ovos’	
(=) PH dos Ovos do trabalhador/semana (l/und)	
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)	
(=) PH dos Ovos do trabalhador/mês (l/und)	
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela ‘Trabalhador’	
(=) PH de Ovos do trabalhador pelo período da obra (l/und)	
Questão 6	
Baixo	0,30 Kg/mês
Médio	0,60 Kg/mês
Alto	0,90 Kg/mês
Q6) Classificação do consumo (Baixo, Médio ou Alto)	
(x) PH do açúcar (refinado cana de açúcar) cadastrado na categoria ‘Açúcares’	

(=) PH do Açúcar do trabalhador/mês (l/kg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Açúcar do trabalhador pelo período da obra (l/kg)
Questão 7
Q7) Quantidade de cada tipo de vegetais informada
(x) PH de cada tipo de vegetal cadastrado na categoria 'Vegetais'
(=) PH de Vegetais do trabalhador/semana (l/kg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Vegetais do trabalhador/mês (l/kg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Vegetais do trabalhador pelo período da obra (l/kg)
Questão 8
Q8) Quantidade de cada tipo de raízes informada
(x) PH de cada tipo de raízes cadastrado na categoria 'Raízes'
(=) PH de Raízes do trabalhador/semana (l/kg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Raízes do trabalhador/mês (l/kg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Raízes do trabalhador pelo período da obra (l/kg)
Questões 9 e 10
Q9) Se a resposta da Questão 9 for SIM, continua a sequência dos cálculos abaixo à Questão 10; se for NÃO passa direto da Questão 9 para a Questão 11.
Q10) Quantidade de suco de frutas de uma das opções de suco informada
(x) PH do tipo de suco escolhido na categoria 'Líquidos'
(=) PH de Líquidos do trabalhador/semana (l/l)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Líquidos do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos do trabalhador pelo período da obra (l/l)
Questões 11
Q11) Quantidade de xícaras café informada
(x) PH da xícara de café na categoria 'Estimulantes'
(=) PH de Estimulantes do trabalhador/semana (l/l)

(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Estimulantes do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Estimulantes do trabalhador pelo período da obra (l/l)
Questões 12
Q12) Quantidade de leite informada
(x) PH do leite na categoria 'Laticínios'
(=) PH de Laticínios do trabalhador/semana (l/l)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Laticínios do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Laticínios do trabalhador pelo período da obra (l/l)
Questões 13
Q13) Quantidade de queijo informada
(x) PH do queijo na categoria 'Laticínios'
(=) PH de Laticínios do trabalhador/semana (l/kg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Laticínios do trabalhador/mês (l/kg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Laticínios do trabalhador pelo período da obra (l/kg)
Questões 14
Q14) Quantidade de cada tipo de fruta informada
(x) PH do tipo de fruta na categoria 'Frutas'
(=) PH de Frutas do trabalhador/semana (l/kg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Frutas do trabalhador/mês (l/kg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Frutas do trabalhador pelo período da obra (l/kg)
Questões 15 e 16
Q15) Se a resposta da Questão 15 for SIM, continua a sequência dos cálculos abaixo para a Questão 16; se for NÃO passa direto da Questão 15 para a Questão 17.
Q16) Quantidade de cada tipo de industrializados informada
(x) PH do tipo de industrializado na categoria 'Industrializados'

(=) PH de Industrializados do trabalhador/semana (l/und)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Industrializados do trabalhador/mês (l/und)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Industrializados do trabalhador pelo período da obra (l/und)
Questão 17
O tipo de transporte utilizado para ir e voltar ao trabalho deverá associar à PH do tipo de combustível na categoria 'Transportes', sendo assim:
Q17) PH do tipo de combustível do transporte na categoria 'Transportes'
(x) 5 (quantidade de dias da semana)
(=) PH de Transportes do trabalhador/semana (l/l)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Transportes do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(x) Campo BAIRRO informado na janela 'TRABALHADOR', o qual deverá associar a distância (em Km) do bairro do trabalhador ao bairro da obra
(=) PH de Transportes do trabalhador pelo período da obra (l/l)
Questão 18
Q18) Quantidade de cada tipo de roupa informada
(x) PH de cada tipo de Roupa cadastrada na categoria 'Industrializados'
(=) PH de Industrializados do trabalhador pelo período da obra (l/und)
Questão 19
Q19) Quantidade copos de água informado
(x) PH da Água cadastrado na tabela da categoria 'Líquidos'
(=) PH da Água do trabalhador/semana (l/l)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Água do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos no trajeto do trabalhador pelo período da obra (l/l)
Questões 20 a 24
Q20) Se a resposta da Questão 20 for SIM, continua a sequência dos cálculos para as Questões 23 e 24; se for NÃO passa para as Questões 21, 22 e 23.
Resposta: SIM

Q23) Quantidade de vezes que bebe água informada
(x) VAZÃO DO BEBEDOURO cadastrada na tabela de 'Vazões'
(x) Tempo informado na Questão 24
(=) PH de Líquidos do trabalhador/semana (l/seg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Líquidos do trabalhador/mês (l/seg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos bebedouro do trabalhador pelo período da obra (l)
Resposta: NÃO
A Questão 21 é SIM (quando a Questão 20 é NÃO) e a informação dada na Questão 22 já foi utilizada para fins de quantificação da Questão 23, por isso essa informação (Q22) é apenas qualitativa não devendo influenciar os cálculos.
Q23) Quantidade copos de água informado
(x) PH de Água mineral cadastrado na tabela da categoria 'Líquidos'
(=) PH de Líquidos do trabalhador/dia (l)
(x) 20 (quantidade de dias úteis em 1 mês)
(=) PH de Água do trabalhador/mês (l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos geláguas do trabalhador pelo período da obra (l)
Questões 25 a 28
Q25) Quantidade de banhos informada
(x) VAZÃO DO CHUVEIRO cadastrada na tabela de 'Vazões'
(x) Tempo médio informado na Questão 27
(=) PH dos Banhos do trabalhador/semana (l/seg)
(x) 4 (quantidade de semanas em 1 mês)
(=) PH dos Banhos do trabalhador/mês (l/seg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos dos Banhos do trabalhador no período da obra (l/seg)
Q26) Quantidade de escovação dentes, lavagem mãos e outros
(x) VAZÃO DA TORNEIRA cadastrada na tabela de 'Vazões'
(x) Tempo médio informado na Questão 27
(=) PH das Diversas Atividades de Higiene do trabalhador/semana (l/seg)
(x) 4 (quantidade de semanas em 1 mês)

(=) PH das Diversas Atividades de Higiene do trabalhador/mês (l/seg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos Outras Higiene trabalhador período da obra (l/seg)
Q28) Somente para análise de distorções, não sendo utilizada nos cálculos.
Questões 29 a 32
Q29) Se a resposta da Questão 29 for SIM, continua a sequência dos cálculos para as Questões 30 a 32; se for NÃO passa direto da Questão 33.
Resposta: SIM
Q30) Quantidade de lavagem informada
(x) VAZÃO DA TORNEIRA cadastrada na tabela de 'Vazões'
(x) Tempo médio informado na Questão 31
(=) PH da Lavagem de Utensílios do trabalhador/semana (l/min) (1)
(x) % da Questão 32 (resultado será diminuído do obtido na linha anterior) (2)
(=) PH efetivo da Lavagem de Utensílios do trabalhador/semana (l/min) = (1) – (2)
(x) 4 (quantidade de semanas em 1 mês)
(=) PH da Lavagem de Utensílios do trabalhador/mês (l/min)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos Lavagem de Utensílios do trabalhador no período da obra (l/min)
Resposta: NÃO
Passa direto da Questão 29 para a Questão 33
Questões 33 a 35
Q33) Quantidade de vezes informada
(x) Quantidade de descargas informada (Questão 34)
(x) VAZÃO DA DESCARGA de acordo com o tipo cadastrada na tabela de 'Vazões', de acordo com o tipo de descarga informado na Questão 35
(=) PH Uso Banheiro do trabalhador/semana (l/seg)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH Uso Banheiro do trabalhador/mês (l/seg)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH de Líquidos Descargas Banheiro do trabalhador pelo período da obra (l)
Questões 36 e 37
Q36) Responder se tem alguma alimentação depois do trabalho: Sim ou Não
Q37) Se positiva a Q36 especificar que tipo de alimentação

Questões 38 a 40
Q38) Somente para análise de distorções, não sendo utilizada nos cálculos.
Q39) Se a resposta à Questão 39 for SIM, passa para a Questão 40; se a resposta for NÃO passa direto para a Questão 42.
Resposta: SIM
Q40) Quantidade de vezes que toma banho, em casa, informada
(x) VAZÃO DO CHUVEIRO cadastrada na tabela de 'Vazões'
(x) Tempo médio informado (Questão 41)
(=) PH dos Banhos do trabalhador/semana (l/min)
(x) 4 (quantidade de semanas em 1 mês)
(=) PH dos Banhos do trabalhador/mês (l/min)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH dos Banhos do trabalhador pelo período da obra, em casa (l)
Resposta: NÃO
Passa direto da Questão 39 para a Questão 42.
Questões 42 a 45
Q41) Se a resposta à Questão 42 for SIM, passa para a Questão 43, 44 e 45; se a resposta for NÃO passa direto para a Questão 46.
Resposta: SIM
Q42) Quantidade de vezes que vai ao banheiro informada
(x) Quantidade de descargas que dá ao ir ao banheiro informada (Questão 44)
(x) VAZÃO DA DESCARGA de acordo com o tipo cadastrada na tabela de 'Vazões' (Questão 45)
(=) PH Uso Banheiro do trabalhador/semana (l/descarga)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH Uso Banheiro do trabalhador/mês (l/descargas)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela 'Trabalhador'
(=) PH do Descargas Banheiro do trabalhador no mesmo período da obra, em casa (l)
Resposta: NÃO
Passa direto da Questão 42 para a Questão 46.
Questões 46 a 50
Q45) Se a resposta da Questão 46 for SIM, continua a sequência dos cálculos para as Questões 47 a 50; se for NÃO passa direto da Questão 51.

Resposta: SIM
Q46) Quantidade de lavagem informada
(x) VAZÃO DA TORNEIRA cadastrada na tabela de ‘Vazões’
(x) Tempo médio informado na Questão 48
(=) PH Diversas Atividades de Higiene do trabalhador/sem.(l/atividade) (1)
(x) % Questão 50 (este resultado será <u>diminuído</u> do obtido na linha anterior) (2)
(=) PH efetivo Diversas Atividades de Higiene do trabalhador/sem. (m ³ /atividade) = (1) – (2)
(x) 4 (quantidade de semanas em 1 mês)
(=) PH das Diversas Atividades de Higiene do trabalhador/mês (l/atividade)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela ‘Trabalhador’
(=) PH Diversas Atividades de Higiene do trabalhador pelo mesmo período da obra, em casa (l)
Resposta: NÃO
Passa direto da Questão 46 para a Questão 51.
Questão 51
Q50) Se a resposta da Questão 51 for SIM, continua a sequência dos cálculos para a Questão 52; se for NÃO terminam os cálculos do questionário.
Q51) Quantidade copos de água informado
(x) PH da Água cadastrado na tabela da categoria ‘Líquidos’
(=) PH da Água do trabalhador/semana (l/l)
(x) 4 (quantidade de semanas de 1 mês)
(=) PH de Água do trabalhador/mês (l/l)
(x) Campo PERMANÊNCIA informado na janela ‘Trabalhador’
(=) PH de Gelágua do trabalhador pelo período da obra, em casa (l/l)

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

**APÊNDICE D – 92 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 1
(INFORMAÇÃO EXATA DO FORNECEDOR – CONTINUA PARTE I - IV)**

1	Descrição dos materiais	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH original (und.forne.)			PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem dos dados
						PH (em L) (*)					
1	CONCRETO USINADO 35 MPA	M3	4.963,10	5,42%	5,42%	0,577 L/m3	0,577	L/m3	2.863,7	0,01%	Informação exata do fornecedor
2	GESSO ACARTONADO PARA FORRO	M2	12.531,61	1,10%	6,52%	2,75L/m2	2,750	L/m2	34.461,9	0,12%	Informação exata do fornecedor
3	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM	M2	8.159,94	0,99%	7,51%	18,16L/m2	18,160	L/m2	148.184,5	0,49%	Informação exata do fornecedor
4	FERRO CA-50 12,5MM (1/2")	KG	76.924,66	0,72%	8,23%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	5.173.183,4	17,28%	Informação exata do fornecedor
5	FERRO CA-50 25,0MM (1.1/4")	KG	69.733,73	0,65%	8,88%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	4.689.593,3	15,66%	Informação exata do fornecedor
6	FERRO CA-50 20,0MM (3/4")	KG	61.402,94	0,58%	9,46%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	4.129.347,7	13,79%	Informação exata do fornecedor
7	CONCRETO USINADO 25 MPA	M3	455,07	0,53%	9,99%	0,641L/m3	0,641	L/m3	291,7	0,00%	Informação exata do fornecedor
8	FERRO CA-50 10,0MM (3/8")	KG	50.005,71	0,48%	10,47%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	3.362.884,0	11,23%	Informação exata do fornecedor
9	CERÂMICA ATLAS (7,5X7,5) CM MARROM CAFÉ SÉRIE ÔNIX	M2	5.002,99	0,47%	10,94%	12L/m2	12,000	L/m2	60.035,9	0,20%	Informação exata do fornecedor
10	FERRO CA-50 16,0MM (5/8")	KG	47.021,65	0,44%	11,38%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	3.162.206,0	10,56%	Informação exata do fornecedor
11	CERÂMICA ELIANE SIENA COTT ON MESH (10X10)CM	M2	4.743,33	0,43%	11,81%	24L/m2	24,000	L/m2	113.839,9	0,38%	Informação exata do fornecedor
12	CEARÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43 CM	M2	6.892,27	0,41%	12,22%	18,16L/m2	18,160	L/m2	125.163,6	0,42%	Informação exata do fornecedor
13	CEARÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM	M2	6.822,75	0,41%	12,63%	18,16L/m2	18,160	L/m2	123.901,1	0,41%	Informação exata do fornecedor
14	VIDRO LAMINADO BRONZE 6,38MM	M2	907,32	0,39%	13,02%	0,15950L/m2	0,160	L/m2	144,7	0,00%	Informação exata do fornecedor
15	FERRO CA-50 6,3MM (1/4")	KG	34.593,79	0,38%	13,40%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	2.326.432,4	7,77%	Informação exata do fornecedor
16	CABO DE PROTENSÃO CP 190RB-EP	KG	24.686,00	0,38%	13,78%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	1.660.133,5	5,54%	Informação exata do fornecedor
17	VIDRO BRONZE 6MM	M2	1.445,66	0,38%	14,16%	0,15L/m2	0,150	L/m2	216,8	0,00%	Informação exata do fornecedor
18	FERRO CA-50 8,0MM (5/16")	KG	32.571,58	0,35%	14,51%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	2.190.438,8	7,32%	Informação exata do fornecedor
19	BLOCO DE CONCRETO 09X19X39CM	UND	56.450,21	0,35%	14,86%	1,9427L/und	1,943	L/und	109.665,8	0,37%	Informação exata do fornecedor
20	PORTA PRONTA (0,8X2,10) DE ABRIR	UND	346,00	0,32%	15,18%	0,54L/un	0,540	L/und	186,8	0,00%	Informação exata do fornecedor
21	CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 EXT/ST2-55/CRA	UND	557,00	0,30%	15,48%	5L/und. conj	5,000	L/und	2.785,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
22	PINTURA ACRÍLICA BRANCO NEVE	M2	17.137,51	0,30%	15,78%	0,2L/m2	0,200	L/m2	3.427,5	0,01%	Informação exata do fornecedor
23	CERÂMICA ELIANE (10X10)CM COR BRANCA	M2	3.075,11	0,28%	16,06%	24L/m2	24,000	L/m2	73.802,6	0,25%	Informação exata do fornecedor
24	FERRO CA-60 5,0MM	KG	25.762,47	0,26%	16,32%	0,06725m3/kg	0,067	L/kg	1.732,5	0,01%	Informação exata do fornecedor
25	CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 WC/ST2-55/CRA	UND	543,00	0,26%	16,58%	5L/und. conj	5,000	L/und	2.715,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
26	PLACA PRÉ-MOLDADA PARA PISO ELEVADO	M2	1.510,81	0,25%	16,83%	12L/m2	12,000	L/m2	18.129,7	0,06%	Informação exata do fornecedor

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE D (CONTINUAÇÃO PARTE II)

	Descrição dos materiais	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH original (und.forn.)	PH (em L) (*)		PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem dos dados
27	PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR	UND	267,00	0,25%	17,08%	0,47L/un	0,470	L/und	125,5	0,00%	Informação exata do fornecedor
28	PORCELANATO PORTOBELLO PERLATO BIANCO RET (45X45)CM	M2	1.405,59	0,25%	17,33%	18,16L/m2	18,160	L/m2	25.525,5	0,09%	Informação exata do fornecedor
29	EMASSAMENTO PVA LATEX SOBRE PAREDES (18L)	M2	17.217,87	0,24%	17,57%	0,2L/m2	0,200	L/m2	3.443,6	0,01%	Informação exata do fornecedor
30	PORTA PRONTA (0,60X2,10) DE ABRIR	UND	208,00	0,19%	17,76%	0,40L/un	0,400	L/und	83,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
31	BRITA 1	M3	8.537,35	0,18%	17,94%	93,75L/m3	93,750	L/m3	800.376,6	2,67%	Informação exata do fornecedor
32	ESMALTE BRANCO SOBRE MADEIRA	M2	4.084,45	0,17%	18,11%	1,78L/m2	1,780	L/m2	7.270,3	0,02%	Informação exata do fornecedor
33	EMASSAMENTO SOBRE FORRO DE GESSO	M2	12.085,87	0,17%	18,28%	0,2L/m2	0,200	L/m2	2.417,2	0,01%	Informação exata do fornecedor
34	PINTURA PVA LATEX SUVINIL BRANCO NEVE - FORRO GESSO	M2	12.077,66	0,17%	18,45%	2L/m2	2,000	L/m2	24.155,3	0,08%	Informação exata do fornecedor
35	MISTURADOR DE BOX LINHA DUELLO REF.2116DU	UND	267,00	0,16%	18,61%	17L/und	17,000	L/und	4.539,0	0,02%	Informação exata do fornecedor
36	CERÂMICA ELIANE NEUTRAL WH (33,5X33,5)CM	M2	1.895,37	0,15%	18,76%	24L/m2	24,000	L/m2	45.488,9	0,15%	Informação exata do fornecedor
37	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA WH 41X41CM	M2	1.678,16	0,15%	18,91%	18,16L/m2	18,160	L/m2	30.475,4	0,10%	Informação exata do fornecedor
38	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA CINZA PEI5 CZ	M2	2.231,05	0,12%	19,03%	58,34L/m2	58,340	L/m2	130.159,5	0,43%	Informação exata do fornecedor
39	POLIMENTO DE RODAPÉ EM PORCELANATO	M	5.490,50	0,12%	19,15%	0,02L/m	0,020	L/m	109,8	0,00%	Informação exata do fornecedor
40	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T1 (3/4")	UND	1.143,00	0,11%	19,26%	17L/und	17,000	L/und	19.431,0	0,06%	Informação exata do fornecedor
41	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA BRANCA WH PEI5	M2	2.099,23	0,11%	19,37%	58,34L/m2	58,340	L/m2	122.469,1	0,41%	Informação exata do fornecedor
42	ARAME RECOZIDO N.18	KG	7.928,48	0,10%	19,47%	67,25 L/kg	67,250	L/kg	533.190,3	1,78%	Informação exata do fornecedor
43	CORTE DE RODAPÉ EM PORCELANATO	M	5.490,50	0,10%	19,57%	1,1429L/m	1,143	L/m	6.275,1	0,02%	Informação exata do fornecedor
44	CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=26CM	UND	502,00	0,10%	19,67%	441 L/und	441,000	L/und	221.382,0	0,74%	Informação exata do fornecedor
45	PORCELANATO PORTOBELLO CREMA MARFIL (60X60)CM	M2	424,63	0,09%	19,76%	18,16L/m2	18,160	L/m2	7.711,3	0,03%	Informação exata do fornecedor
46	PORTA PRONTA (0,90X2,10) DE ABRIR	UND	73,00	0,09%	19,85%	0,61L/un	0,610	L/und	44,5	0,00%	Informação exata do fornecedor
47	PORTA PRONTA (1,00X2,10) DE ABRIR	UND	69,00	0,08%	19,93%	0,67L/un	0,670	L/und	46,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
48	PORTA PRONTA PORMADE - REF. FRI 003	UND	69,00	0,08%	20,01%	0,54L/un	0,540	L/und	37,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
49	RODAPÉ EM PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS - H=10CM	M2	603,96	0,07%	20,08%	18,16L/m2	18,160	L/m2	10.967,9	0,04%	Informação exata do fornecedor
50	CHUVEIRO MANDA CHUVA CROMADO - FABRIMAR	UND	204,00	0,07%	20,15%	17L/und	17,000	L/und	3.468,0	0,01%	Informação exata do fornecedor

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE D (CONTINUAÇÃO PARTE III)

	Descrição dos materiais	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH original (und.forn.)	PH (em L) (*)	PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem dos dados
51	DUCHA AQUAJET DUELLO CORMADA	UND	283,00	0,07%	20,22%	17L/und	17,000 L/und	4.811,0	0,02%	Informação exata do fornecedor
52	CHAPIM EM GRANTIO JUPARANÁ GOLD - (L=40X2CM)	M2	78,69	0,06%	20,28%	0,6L/m2	0,600 L/m2	47,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
53	PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR - COM VENEZIANAS	UND	68,00	0,06%	20,34%	0,40L/un	0,400 L/und	27,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
54	TORNEIRA PARA LAVATÓRIO FABRIMAR LINA DUELLO REF.1190-DU	UND	415,00	0,06%	20,40%	17L/und	17,000 L/und	7.055,0	0,02%	Informação exata do fornecedor
55	TORNEIRA PARA BANCADA REF.1167-LINHA PRÁTICA	UND	203,00	0,06%	20,46%	17L/und	17,000 L/und	3.451,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
56	CORREÇÃO EMASSAMENTO LATEX E PINTURA LATEX BRANCA (LAJES/VIGAS/PILARES)	M2	3.346,24	0,06%	20,52%	0,2L/m2	0,200 L/m2	669,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
57	VIDRO BRONZE 4MM	M2	250,33	0,06%	20,58%	0,10000	0,100 L/m2	25,0	0,00%	Informação exata do fornecedor
58	TEXTURA IBRATIN RHODES MINIMO REF.726AOA	M2	974,03	0,06%	20,64%	0,45 L/m2	0,450 L/m2	438,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
59	MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNT AMIX - COR CINZA	KG	10.268,02	0,05%	20,69%	0,365 ml/ kg	0,365 L/kg	3.747,8	0,01%	Informação exata do fornecedor
60	CERÂMICA PORTOBELLO ECOWOOD EXTERNA COR CANELA 15X90CM	M2	143,73	0,05%	20,74%	18,16L/m2	18,160 L/m2	2.610,1	0,01%	Informação exata do fornecedor
61	PASTILHA ATLAS GUARUJÁ AZUL MÉDIO (5X5)CM - REF.: SGB441	M2	368,85	0,05%	20,79%	12L/m2	12,000 L/m2	4.426,2	0,01%	Informação exata do fornecedor
62	CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=21CM	UND	305,00	0,05%	20,84%	384 L/und	0,384 L/und	117,1	0,00%	Informação exata do fornecedor
63	PASTILHA ATLAS BERTOGA 5X5 REF.: SG8444 SÉRIE CARIBE	M2	328,14	0,04%	20,88%	12L/m2	12,000 L/m2	3.937,7	0,01%	Informação exata do fornecedor
64	PINTURA GALVITE SOBRE FERRO	M2	900,23	0,04%	20,92%	1,78L/m2	1,780 L/m2	1.602,4	0,01%	Informação exata do fornecedor
65	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN BRANCO NEVE	M2	406,87	0,03%	20,95%	18,16L/m2	18,160 L/m2	7.388,8	0,02%	Informação exata do fornecedor
66	PINTURA EM GRAFIATO (MARFIM OU CINZA)	M2	387,77	0,03%	20,98%	2,43L/m2	2,430 L/m2	942,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
67	PLACA PRÉ-MOLDADA H=30CM E E=3CM (APOIO DO BLOCO HIDRÓFUGO)	M2	168,82	0,03%	21,01%	18L/m2	18,000 L/m2	3.038,8	0,01%	Informação exata do fornecedor
68	PLASTERIT PARA LAJES NERVURADAS (61X61)CM	UND	291,00	0,03%	21,04%	625 L/und	625,000 L/und	181.875,0	0,61%	Informação exata do fornecedor
69	CUBA OVAL EMBUTIR FAB.: CELITE COR: BRANCO GELO REF.10116 (5,6KG)	UND	266,00	0,03%	21,07%	11,2L/und	11,200 L/und	2.979,2	0,01%	Informação exata do fornecedor
70	PINTURA HIDRACOR BRANCA	M2	1.439,04	0,02%	21,09%	2L/m2	2,000 L/m2	2.878,1	0,01%	Informação exata do fornecedor
71	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T2 (1")	UND	202,00	0,02%	21,11%	17L/und	17,000 L/und	3.434,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
72	CHUVEIRO PICCOLO CROMADO - FABRIMAR	UND	68,00	0,02%	21,13%	17L/und	17,000 L/und	1.156,0	0,00%	Informação exata do fornecedor
73	DUCHA AQUAJET SIRIUS BRANCA	UND	69,00	0,02%	21,15%	17L/und	17,000 L/und	1.173,0	0,00%	Informação exata do fornecedor
74	TORNEIRA PARA TANQUE LINHA PRATICA - FABRIMAR REF. 1157-P	UND	66,00	0,02%	21,17%	17L/und	17,000 L/und	1.122,0	0,00%	Informação exata do fornecedor
75	PASTILHA ATLAS BATU AZUL ESCURO (5X5)CM - REF.: SGB9883/O	M2	116,06	0,01%	21,18%	12L/m2	12,000 L/m2	1.392,7	0,00%	Informação exata do fornecedor

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE D (CONTINUAÇÃO PARTE VI)

	Descrição dos materiais	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH original (und.forn.)	PH (em L) (*)		PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem dos dados
76	PORCELANATO PORTOBELLO PERLINO BIANCO 0,60X1,20M	M2	37,10	0,01%	21,19%	18,16L/m2	18,160	L/m2	673,7	0,00%	Informação exata do fornecedor
77	RODAPÉ POLIESTIRENO SANTA LUZIA - REF.: 458 RO/BR	M	954,17	0,01%	21,20%	1,25L/m	1,250	L/m	1.192,7	0,00%	Informação exata do fornecedor
78	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM IANCO (40X40)CM	M2	95,54	0,01%	21,21%	18,16L/m2	18,160	L/m2	1.735,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
79	PINTURA DE FAIXA EM PILARES	M2	67,66	0,01%	21,22%	2L/m2	2,000	L/m2	135,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
80	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA BONE 41X41 CM	M2	66,48	0,01%	21,23%	18,16L/m2	18,160	L/m2	1.207,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
81	CONCRETO USINADO 20MPA	M3	6,22	0,01%	21,24%	125L/m3	125,000	L/m3	777,5	0,00%	Informação exata do fornecedor
82	FERRO CA-50 6,0MM	KG	513,00	0,01%	21,25%	0,06725m3/kg	67,250	L/kg	34.499,3	0,12%	Informação exata do fornecedor
83	TORNEIRA PARA BANCADA LINHA SIRIUS - FABRIMAR REF.: 1194S	UND	69,00	0,01%	21,26%	17L/und	17,000	L/und	1.173,0	0,00%	Informação exata do fornecedor
84	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA SIRIUS A-SBRANCO T1 (3/4")	UND	137,00	0,01%	21,27%	17L/und	17,000	L/und	2.329,0	0,01%	Informação exata do fornecedor
85	MÁRMORE CREMA MARFIL	M2	4,62	0,00%	21,27%	0,0331L/m2	0,033	L/m2	0,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
86	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN OCRE	M2	56,69	0,00%	21,27%	18,16L/m2	18,160	L/m2	1.029,5	0,00%	Informação exata do fornecedor
87	PINTURA PVA LATEX SUVINIL BRANCO FOSCO HIDRACOR	M2	113,61	0,00%	21,27%	2L/m2	2,000	L/m2	227,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
88	COMBOGÓ DE CONCRETO 11X15X32CM ANTICHUVA	UND	280,02	0,00%	21,27%	505,80L/und	505,800	L/und	141.634,1	0,47%	Informação exata do fornecedor
89	MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNTAMIX - COR BEGE	M2	54,88	0,00%	21,27%	0,366 ml/kg	1,464	L/kg	80,3	0,00%	Informação exata do fornecedor
90	PINTURA EM SIKALASTIC 560 WHITE	M2	1,00	0,00%	21,27%	0,2L/m2	0,200	L/m2	0,2	0,00%	Informação exata do fornecedor
91	PERFURAÇÃO, INJEÇÃO E PROTENSÃO DE TIRANTES ATÉ 22T	UND	10,00	0,00%	21,27%	0,45 L/und	0,450	L/und	4,5	0,00%	Informação exata do fornecedor
92	CAL HIDRATADA	M3	288,29	0,00%	21,27%	2%/m3	20,000	L/m3	5.765,8	0,02%	Informação exata do fornecedor
	TOTAL PH DOS MATERIAIS - GRUPO 1								29.947.770,2		

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

**APÊNDICE E - 17 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 2
(INFORMAÇÃO A SER TRANSFORMADA)**

	Descrição Insumos	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH Original (unidade fornec.)	PH (em L) (*)		PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem
1	TEXTURA ACRÍLICA IBRATIN COR HAMBURGO CLARO REF. 614A0L	M2	4.921,25	0,31%	0,31%	0,45L/L	0,032	L/m2	159,4	0%	Informação a ser transformada
2	ESCADA METÁLICA - PAVIMENTO COBERTURA (300KG)	UND	3,00	0,26%	0,57%	0,1040L/kg	31,200	L/und	93,6	0%	Informação a ser transformada
3	BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA RIVIERA COM ECOFLUSH (34,5KG)	UND	277,00	0,23%	0,80%	69L/und	69,000	L/kg	19.113,0	40%	Informação a ser transformada
4	RODATETO DE GESSO (TABICA)	M	7.510,09	0,22%	1,02%	2,75L/m2	1,658	L/m	12.454,0	26%	Informação a ser transformada
5	TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - PAREDE (18L)	M2	915,53	0,07%	1,09%	0,96L/m2	0,960	Kg/L	878,9	2%	Informação a ser transformada
6	TANQUE DE LOUÇA CELITE 22L REF.51203 (29,2KG)	UND	66,00	0,05%	1,14%	58,4L/und	58,400	L/kg	3.854,4	8%	Informação a ser transformada
7	BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA AZALÉA REF.91570 (33,845KG)	UND	69,00	0,05%	1,19%	67,69L/und	67,690	L/kg	4.670,6	10%	Informação a ser transformada
8	BIANCO	LITRO	3.336,46	0,05%	1,24%	15,3kg/18kg de bianco	0,850	L/L	2.836,0	6%	Informação a ser transformada
9	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PISO (2KGM)	M	149,52	0,04%	1,28%	0,1040L/kg	0,208	L/m	31,1	0%	Informação a ser transformada
10	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PAREDE (2KGM)	M	129,36	0,03%	1,31%	0,1040L/kg	0,208	L/m	26,9	0%	Informação a ser transformada
11	TRELIÇA TG 8L'	M	1.115,58	0,03%	1,34%	0,16L/kg	0,118	L/m	131,2	0%	Informação a ser transformada
12	TEXTURA ACRÍLICA FORTCOLOR BRANCA (TETO)	M2	345,69	0,01%	1,35%	0,3L/m2	0,300	L/kg	103,7	0%	Informação a ser transformada
13	LAVATÓRIO PEQUENO CELITE AZALEA REF.: 91006 (5,5KG)	UND	66,00	0,01%	1,36%	11,2L/und	11,200	L/kg	739,2	2%	Informação a ser transformada
14	TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - TETO (18L)	M2	230,31	0,01%	1,37%	2,75L/m2	2,750	L/L	633,4	1%	Informação a ser transformada
15	TUBO PVC SOLDAVEL 32MM	M	100,00	0,00%	1,37%	35L/kg	9,330	L/m	933,0	2%	Informação a ser transformada
16	TUBO PVC ESGOTO 50MM	M	40,00	0,00%	1,37%	35L/kg	9,330	L/m	373,2	1%	Informação a ser transformada
17	TUBO PVC SOLDAVEL 40MM	M	20,00	0,00%	1,37%	35L/kg	9,330	L/m	186,6	0%	Informação a ser transformada
	TOTAL PH DOS MATERIAIS - GRUPO 2								47.218,2		

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

**APÊNDICE F - 18 PHs DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA GRUPO 3
(INFORMAÇÃO A SER APROPRIADA PELO VOLUME FORNECIDO COM BASE EM RATEIO)**

	Descrição Insumos	Unid.	Quant.	Peso (%)	Acum. (%)	PH Original (und. fornec.)	PH (em L) (*)		PH unit x Quant (em L)	% PH Total	Origem
1	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD	M2	337,34	0,27%	0,27%	0,02L/m2	0,020	L/m2	6,7	1%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
2	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM)	M2	311,39	0,25%	0,52%	0,6L/m2	0,600	L/m2	186,8	16%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
3	PEITORIL EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=30CM (e=2CM)	M2	294,87	0,24%	0,76%	0,5714L/m2	0,571	L/m2	168,5	14%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
4	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - CURVO	M2	254,03	0,22%	0,98%	0,6L/m2	0,600	L/m2	152,4	13%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
5	GRANITO JUPARANÁ GOLD	M2	194,42	0,16%	1,14%	0,0229L/m2	0,023	L/m2	4,5	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
6	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	M2	181,78	0,15%	1,29%	0,6L/m2	0,600	L/m2	109,1	9%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
7	GRANITO BORDEAUX POLIDO PARA PISO	M2	170,93	0,11%	1,40%	0,0274L/m2	0,027	L/m2	4,7	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
8	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	M2	96,07	0,08%	1,48%	0,02L/m2	0,020	L/m2	1,9	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
9	RODAPÉ DE GRANITO BORDEAUX H=10CM	M2	68,17	0,05%	1,53%	0,02L/m2	0,020	L/m2	1,4	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
10	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	M2	4.171,00	0,03%	1,56%	0,02L/m2	0,020	L/m2	83,4	7%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
11	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=20CM	M2	40,23	0,03%	1,59%	0,6L/m2	0,600	L/m2	24,1	2%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
12	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=15CM (E=2CM)	M2	39,81	0,03%	1,62%	0,6L/m2	0,600	L/m2	23,9	2%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
13	GRANITO VERDE UBATUBA	M2	22,85	0,02%	1,64%	0,0274L/m2	0,027	L/m2	0,6	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
14	FILETE EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (L=7X2CM)	M	263,37	0,01%	1,65%	1,1429L/m2	1,143	L/m	301,0	25%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
15	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	M2	11,34	0,01%	1,66%	0,6L/m2	0,600	L/m2	6,8	1%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
16	BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD	M2	5,00	0,00%	1,66%	0,02L/m2	0,020	L/m2	0,1	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
17	FILETE DE GRANITO IMARF PALADIUM POLIDO MERUOCA L=5X2CM	M	87,71	0,00%	1,66%	1,1429L/m2	1,149	L/m	100,8	9%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
18	DIVISÓRIA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD	M2	3,60	0,00%	1,66%	1,2L/m2	1,200	L/m2	4,3	0%	Informação apropriada pelo volume fornecido com base em rateio
	TOTAL PH DOS MATERIAIS - GRUPO 3								1.181,1		

(*) unidade de medida da aplicação do material utilizado.

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

**APÊNDICE G – PROCESSOS E SUBPROCESSOS (SERVIÇOS) QUE UTILIZAM ÁGUA EM SUAS EXECUÇÕES
(CONTINUA PARTE I - VIII)**

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS	92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)
	113 FERRO CA-50 16,0MM (5/8")	
	114 FERRO CA-50 6,3MM (1/4")	
	115 CABO DE PROTENSÃO CP 190RB-EP	
	116 FERRO CA-50 8,0MM (5/16")	
	117 PERFURAÇÃO, INJEÇÃO E PROTENSÃO DE TIRANTES ATÉ 22T	
	118 FERRO CA-50 6,0MM	
	119 CONCRETO USINADO 20MPA	
	120 CONCRETO USINADO 25 MPA	
	121 PLASTERIT PARA LAJES NERVURADAS (61X61)CM	
	122 TRELIÇA TG 8L'	
	123 CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=21CM	
	124 CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=26CM	
	125 ARAME RECOZIDO N.18	
	126 PLACA PRÉ-MOLDADA PARA PISO ELEVADO	
	127 FERRO CA-60 5,0MM	
3 PAVIMENTO TIPO		
2.5 LIMPEZA		
2.4 ACABAMENTOS		
2.3 OBRA FINA		
2.2 OBRA BRUTA		
2.1 ESTRUTURA (BLOCOS/SAPATAS/PILARES/LAJE)		
2 TORRE (TÉRREO, MEZANINO, SUBSOLOS 1 E 2)		
1.5 FUNDAÇÃO (HÉLICE CONTÍNUA)		
1.4 GABARITO / LOCAÇÃO		
1.3 TIRANTES		
1.2 ESCAVAÇÃO		
1.1 CONTENÇÃO		
1 INFRA-ESTRUTURA		

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE II)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS		92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)	
3.5 REGULARIZAÇÃO DE BASE	104	CONCRETO USINADO 35 MPA	76	CONCRETO ARMADO 35MPA P/PISO - TELA Q-61 E=8CM
			77	REGULARIZAÇÃO DE BASE (ÁREAS MOLHADAS)
3.4 PACOTE DE IMPERMEABILIZAÇÃO				
3.3 CAMADA DE REGULARIZAÇÃO	105	BRITA 1	78	CONCRETO MAGRO = CIMENTO + AREIA + BRITA
			79	CONTRAPISO DE CONCRETO E=7CM
			80	PROTEÇÃO MECÂNICA (1,5CM) = CIMENTO + AREIA + BRITA
3.2 PACOTE SAJOTE E ALVENARIA			81	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO 1/2 VEZ
			82	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO DOBRADA
	106	BLOCO DE CONCRETO 09X19X39CM	83	ALVENARIA DE BLOCOS 09X19X39CM
		BRITA 1	84	CONTRA-VERGA DE CONCRETO = CIMENTO + AREIA + BRITA
			85	VERGA DE CONCRETO = CIMENTO + AREIA + BRITA
			86	ARMADOR FIXADO EM ALVENARIA
			87	ARMADOR FIXADO EM CONCRETO
	107	COMBOGÓ DE CONCRETO 11X15X32CM ANTICHUVA	88	COMBOGÓ DE CONCRETO 11X15X32CM
108	CAL HIDRATADA			
3.1 PACOTE DE ESTRUTURA	109	FERRO CA-50 12,5MM (1/2")	89	SERVIÇOS DE CONTENÇÃO
	110	FERRO CA-50 25,0MM (1.1/4")	90	PERFURAÇÃO E INJEÇÃO DE ESTACAS HÉLICE 400MM
	111	FERRO CA-50 20,0MM (3/4")	91	PERFURAÇÃO E INJEÇÃO DE ESTACAS HÉLICE 600MM
	112	FERRO CA-50 10,0MM (3/8")	92	ENCHIMENTO DE PAREDE COM TIJOLO MACIÇO COM LIMPEZA DA ESTACA-BROCA

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE III)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS		92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)	
3.7 PACOTE DE DIVISÓRIAS DE GESSO	87	PLACA PRÉ-MOLDADA H=30CM E E=3CM (APOIO DO BLOCO HIDRÓFUGO)		
			55	CIMENTADO DESEMPENADO S/PINTURA = CIMENTO + AREIA FINA
3.6 PACOTE DE REVEST. DE PISO	88	RODAPÉ DE GRANITO BORDEAUX H=10CM	56	RODAPÉ EM GRANITO BORDEAUX H=10CM
	89	RODAPÉ EM PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS - H=10CM	57	RODAPÉ EM PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS - H=10CM
			58	CERÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM - PISO
	90	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM IANCO (40X40)CM	59	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM BIANCO (40X40)CM - PISO
			60	CERÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43CM - PISO
			61	PISO EM LADRILHO HIDRÁULICO (RAMPA)
			62	PORCELANATO PORCELANATI BOLONHA BIANCO (50X50)CM - PISO
	91	PORCELANATO PORTOBELLO CREMA MARFIL (60X60)CM	63	PORCELANATO PORTOBELLO CREMA MARFIL (60X60)CM
	92	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM	64	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM - PISO
	93	PORCELANATO PORTOBELLO PERLINO BIANCO 0,60X1,20M	65	PORCELANATO PORTOBELLO PERLINO BIANCO 0,60X1,20M - (COLADO)
	94	PORCELANATO PORTOBELLO PERLATO BIANCO RET (45X45)CM	66	PORCELANTO PORTOBELLO PERLATO BIANCO RET. (45X45)CM
	95	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	67	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)
	96	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=15CM (E=2CM)	68	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=15CM (E=2CM)
	97	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=20CM	69	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=20CM (E=2CM)
	98	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	70	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)
	99	GRANITO BORDEAUX POLIDO PARA PISO	71	GRANITO BORDEAUX POLIDO
			72	MEIO FIO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO
			73	PEDRA PORTUGUESA BRANCA
			74	PEDRA PORTUGUESA PRETA
		75	PEDRA PORTUGUESA VERMELHA	
	100	POLIMENTO DE RODAPÉ EM PORCELANATO		
	101	CORTE DE RODAPÉ EM PORCELANATO		
	102	RODAPÉ POLIESTIRENO SANTA LUZIA - REF.: 458 RO/BR		
	103	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PISO		

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE IV)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS		92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)	
	68	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)		
	69	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)		
	70	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PAREDE		
3.11 PACOTE DE FORRO	71	GESSO ACARTONADO PARA FORRO		
	72	EMASSAMENTO SOBRE FORRO DE GESSO		
3.10 PACOTE DE REVEST. DE GESSO	73	RODATETO DE GESSO (TABICA)		
	74	BIANCO	36	CHAPISCO TRAÇO 1:3 (PAREDES INTERNAS)
			37	CHAPISCO TRAÇO 1:3 COM BIANCO (SUB-SOLO)
			38	EMBOÇO INTERNO
	75	PASTILHA ATLAS BATU AZUL ESCURO (5X5)CM - REF.: SGB9883/O	39	PASTILHA ATLAS BATU AZUL ESCURO (5X5)CM - REF.SGB9883/O
	76	PASTILHA ATLAS BERTOGA 5X5 REF.: SG8444 SÉRIE CARIBE	40	PASTILHA ATLAS BERTOGA 5X5CM REF.SG8444 SÉRIE CARIBE
	77	PASTILHA ATLAS GUARUJÁ AZUL MÉDIO (5X5)CM - REF.: SGB441	41	PASTILHA ATLAS GUARUJÁ AZUL MÉDIO (5X5)CM - REF. SGB441
			42	REBOCO COM ADITIVO ESP=5,0CM
			43	REBOCO INTERNO ESP=2,5CM
			44	ASSENTAMENTO DE CERÂMICA (LINEAR)
3.9 PACOTE DE REVEST. DE PAREDE	78	CERÂMICA ATLAS (7,5X7,5) CM MARROM CAFÉ SÉRIE ÔNIX	45	CERÂMICA ATLAS (7,5X7,5)CM MARROM CAFÉ SÉRIE ÔNIX
	79	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA CINZA PEI5 CZ	46	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA CZ CINZA PEI-5
	80	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA BRANCA WH PEI5	47	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA WH PEI-5
	81	CERÂMICA ELIANE (10X10)CM COR BRANCA	48	CERÂMICA ELIANE (10X10)CM COR BRANCA
	82	CERÂMICA ELIANE NEUTRAL WH (33,5X33,5)CM	49	CERÂMICA ELIANE NEUTRAL WH (33,5X33,5)CM
	83	CERÂMICA ELIANE SIENA COTTON MESH (10X10)CM	50	CERÂMICA ELIANE SIENA COTTON MESH (10X10)CM
	84	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN BRANCO NEVE	51	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN NEVE
	85	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN OCRE	52	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN OCRE
			53	PORTADA DE ELEVADOR EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (E=2CM)
	86	MÁRMORE CREMA MARFIL	54	PORTADA DE ELEVADOR EM MÁRMORE CREMA MARFIL (E=2CM)
3.8 PACOTE DE VARANDAS				

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE V)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS	92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)
3.14 PACOTE DE PINTURA INTERNA - ETAPA 1	54 EMASSAMENTO PVA LATEX SOBRE PAREDES (18L)	
	55 MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNTAMIX - COR CINZA	
	56 PINTURA HIDRACOR BRANCA	
	57 PINTURA DE FAIXA EM PILARES	
	58 MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNTAMIX - COR BEGE	
	59 CORREÇÃO EMASSAMENTO LATEX E PINTURA LATEX BRANCA (LAJES/VIGAS/PILARES)	
3.13.PACOTE DE ACABAMENTO 2 3.12.PACOTE DE ACABAMENTO 1	60 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD	13 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (0,86X0,55) - WC SUITE 02
		14 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,40X0,50) - LAVABO
		15 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - COPA
		16 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,43X0,55) - WC CASAL
		17 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,53X0,55) - COPA
		18 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,59X0,61) - COZINHA
		19 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (0,83X0,50) - WC SUITE 01
		20 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (0,65X0,55) - CHURRASQUEIRA
		21 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - WC PNE
		22 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - WC REPOUSO/OGOS
		23 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,50X0,63) - CHURRASQUEIRA
		24 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,70X0,60) - WC SALÃO DE FESTAS
		25 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,15X0,50) - VESTIÁRIO MASC./FEM.
	26 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,20X0,68) - WC CHURRASQUEIRA	
	27 BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (5,24X0,63) - CHURRASQUEIRA	
	61 DIVISÓRIA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD	28 DIVISÓRIA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD
	62 FILETE DE GRANITO IMARF PALADIUM POLIDO MERUOCA L=5X2CM	29 FILETE DE GRANITO IMARF PALADIUM POLIDO MERUOCA L=5X2CM
	63 FILETE EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (L=7X2CM)	30 FILETE EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (L=7X2CM)
	64 GRANITO JUPARANÁ GOLD	31 GRANITO JUPARANÁ GOLD
	65 GRANITO VERDE UBATUBA	32 GRANITO VERDE UBATUBA
66 PEITORIL EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=30CM (e=2CM)	33 PEITORIL EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=30CM (E=2CM)	
67 BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD	34 BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD - CHURRASQUEIRA	
	35 BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD - SALÃO DE FESTAS	

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE VI)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS	92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)
3.18.PACOTE DE PINTURA INTERNA - ETAPA 2	33 TEXTURA ACRÍLICA IBRATIN COR HAMBURGO CLARO REF. 614A0L	
	34 PINTURA ACRÍLICA BRANCO NEVE	
	35 ESMALTE BRANCO SOBRE MADEIRA	
	36 PINTURA PVA LÁTEX SUVINIL BRANCO NEVE - FORRO GESSO	
	37 TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - PAREDE (18L)	
	38 TEXTURA IBRATIN RHODES MINIMO REF.726AOA	
	39 PINTURA GALVITE SOBRE FERRO	
	40 PINTURA EM GRAFIATO (MARFIM OU CINZA)	
	41 TEXTURA ACRÍLICA FORTCOLOR BRANCA (TETO)	
	42 TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - TETO (18L)	
	43 PINTURA PVA LÁTEX SUVINIL BRANCO FOSCO HIDRACOR	
	44 PINTURA EM SIKALASTIC 560 WHITE	
3.17 PACOTE DE ESQUADRIAS DE MADEIRA	45 PORTA PRONTA (0,8X2,10) DE ABRIR	
	46 PORTA PRONTA (0,90X2,10) DE ABRIR	
	47 PORTA PRONTA (1,00X2,10) DE ABRIR	
	48 PORTA PRONTA PORMADE - REF. FRI 003	
	49 PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR - COM VENEZIANAS	
	50 PORTA PRONTA (0,60X2,10) DE ABRIR	
	51 PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR	
	52 CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 EXT/ST2-55/CRA	
	53 CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 WC/ST2-55/CRA	
3.16 LIMPEZA GROSSA		
3.15 PACOTE DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO		

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE VII)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS	92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)
3.27 FACHADAS - ETAPA 4	8 CERÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM	7 CERÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM - PAREDE
3.26 FACHADAS - ETAPA 3		8 CERÂMICA PORTOBELLO CETIM BIANCO (40X40)CM - PAREDE
3.25 FACHADAS - ETAPA 2	9 CERÂMICA PORTOBELLO ECOWOOD EXTERNA COR CANELA 15X90CM	9 CERÂMICA PORTOBELLO ECOWOOD EXTERNA COR CANELA 15X90CM
3.24 FACHADAS - ETAPA 1	10 CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA BONE 41X41 CM	10 CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA BONE 41X41CM
	11 CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA WH 41X41CM	11 CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA WH 41X41CM
	12 CERÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43 CM	12 CERÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43CM - PAREDE
	13 VIDRO LAMINADO BRONZE 6,38MM	
	14 VIDRO BRONZE 6MM	
	15 VIDRO BRONZE 4MM	
3.23 HALL - PINTURA E ACABAMENTOS		
3.22 HALL - PACOTE GESSO (REVESTIMENTO E FORRO)		
3.21 HALL - PACOTE SERVIÇOS C.ROLIM		
3.20 LIMPEZA FINA		
	16 BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA RIVIERA COM ECOFLUSH (34,5KG)	
	17 MISTURADOR DE BOX LINHA DUELLO REF.2116DU	
	18 ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T1 (3/4")	
	19 CHUVEIRO MANDA CHUVA CROMADO - FABRIMAR	
	20 DUCHA AQUAJET DUELLO CORMADA	
	21 TORNEIRA PARA LAVATÓRIO FABRIMAR LINA DUELLO REF.1190-DU	
	22 TORNEIRA PARA BANCADA REF.1167-LINHA PRÁTICA	
	23 TANQUE DE LOUÇA CELITE 22L REF.51203 (29,2KG)	
	24 BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA AZALÉA REF.91570 (33,845KG)	
	25 CUBA OVAL EMBUTIR FAB.: CELITE COR: BRANCO GELO REF.10116 (5,6KG)	
	26 ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T2 (1")	
	27 CHUVEIRO PICCOLO CROMADO - FABRIMAR	
	28 DUCHA AQUAJET SIRIUS BRANCA	
	29 TORNEIRA PARA TANQUE LINHA PRATIKA - FABRIMAR REF. 1157-P	
	30 LAVATÓRIO PEQUENO CELITE AZALEA REF.: 91006 (5,5KG)	
	31 TORNEIRA PARA BANCADA LINHA SIRIUS - FABRIMAR REF.: 1194S	
	32 ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA SIRIUS A-S BRANCO T1 (3/4")	
3.19 PACOTE DE LOUÇAS E METAIS / TOMADAS E INTERRUPTORES		

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE G (CONTINUAÇÃO PARTE VIII)

PROCESSOS	127 MATERIAIS UTILIZADOS		92 SERVIÇOS EXECUTADOS (ETAPAS)	
6.5 BENFEITORIAS				
6.4 PAISAGISMO				
6.3 GRUPO GERADOR				
6.2 ELEVADORES				
6.1 INSTALAÇÕES	1	TUBO PVC SOLDAVEL 32MM		
	2	TUBO PVC ESGOTO 50MM		
	3	TUBO PVC SOLDAVEL 40MM		
6 DIVERSOS				
5.4.LIMPEZA				
5.3.OBRA FINA				
5.2.OBRA BRUTA				
5.1.ESTRUTURA				
5. CAIXA D'ÁGUA				
4.4 LIMPEZA				
4.3.OBRA FINA				
4.2.OBRA BRUTA	4	ESCADA METÁLICA - PAVIMENTO COBERTURA		
4.1.ESTRUTURA				
4. COBERTA				
3.33 FACHADAS - ETAPA 10	5	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - CURVO	1	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - CURVO
3.32 FACHADAS - ETAPA 9	6	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM)	2	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - RETO
3.31 FACHADAS - ETAPA 8	7	CHAPIM EM GRANTIO JUPARANÁ GOLD - (L=40X2CM)	3	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=40CM (E=2CM)
3.30 FACHADAS - ETAPA 7			4	CHAPISCO TRAÇO 1:3 (FACHADA)
3.29 FACHADAS - ETAPA 6			5	EMBOÇO DE FACHADA
3.28 FACHADAS - ETAPA 5			6	EMBOÇO DE FACHADA (LINEAR) = CIMENTO + AREIA

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE H – 91 SERVIÇOS QUE UTILIZAM ÁGUA EXECUTADOS NA OBRA (CONTINUA I – V)

Curva ABC de Serviços (utilização fator água para cada serviço)														
	Descrição	Quantidade Original		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao									
		Quantidade	Un.		Fator A/C ou A/S	Cimento (kg)	Cimento Branco (kg)	Argamassa Colante (kg)				PH Serviços (em l)		
								AC1	AC2	AC3	AC3E	Unit.	Total	
1	ALVENARIA DE BLOCOS 09X19X39CM	4.105,47	M2	A	0,9	1,84	-	-	-	-	-	1,7	6.798,7	
2	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO 1/2 VEZ	15.703,05	M2	A	0,6	2,18	-	-	-	-	-	1,3	20.539,6	
3	ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO DOBRADA	2.505,43	M2	A	0,6	2,18	-	-	-	-	-	1,3	3.277,1	
4	ARMADOR FIXADO EM ALVENARIA	483,00	UND	A	0,6	0,80	-	-	-	-	-	0,5	231,8	
5	ARMADOR FIXADO EM CONCRETO	138,00	UND	A	0,6	0,80	-	-	-	-	-	0,5	66,2	
6	ASSENTAMENTO DE CERÂMICA (LINEAR)	2.658,00	M	A	AC1	-	-	4,0000	-	-	-	8,0	21.264,0	
7	BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD - CHURRASQUEIRA	1,00	UND	A	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD - SALÃO DE FESTAS	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	
9	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (0,65X0,55) - CHURRASQUEIRA	66,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	154,4	
10	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (0,86X0,55) - WC SUITE 02	69,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	161,5	
11	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,15X0,50) - VESTIÁRIO MASC./FEM.	2,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	4,7	
12	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,20X0,68) - WC CHURRASQUEIRA	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	
13	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,40X0,50) - LAVABO	69,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	161,5	
14	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,50X0,63) - CHURRASQUEIRA	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	
15	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (1,70X0,60) - WC SALÃO DE FESTAS	2,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	4,7	
16	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - COPA	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	
17	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - WC PNE	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	
18	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,00X0,68) - WC REPOUSO/JOGOS	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3	

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE H (CONTINUAÇÃO PARTE II)

Curva ABC de Serviços (utilização fator água para cada serviço)													
	Descrição	Quantidade Original		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao								
		Quantidade	Un.		Fator A/C ou A/S	Cimento (kg)	Cimento Branco (kg)	Argamassa Colante (kg)				PH Serviços (eml)	
								AC1	AC2	AC3	AC3E	Unit.	Total
19	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,43X0,55) - WC CASAL	69,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	161,5
20	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,53X0,55) - COPA	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3
21	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (2,59X0,61) - COZINHA	69,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	161,5
22	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD (5,24X0,63) - CHURRASQUEIRA	1,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2,3
23	BANCADA GRANTIO JUPARANÁ GOLD (0,83X0,50) - WC SUITE 01	69,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	161,5
24	CERÂMICA ATLAS (7,5X7,5)CM MARROM CAFÉ SÉRIE ÔNIX	4.548,17	M2	A	AC2	-	-	-	4,0000	-	-	4,0	18.192,7
25	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA CZ CINZA PEI-5	2.028,23	M2	A	AC2	-	-	-	8,0000	-	-	16,0	32.451,7
26	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA WH PEI-5	1.908,39	M2	A	AC2	-	-	-	8,0000	-	-	16,0	30.534,2
27	CERÂMICA ELIANE (10X10)CM COR BRANCA	2.795,55	M2	A	AC2	-	-	-	4,0000	-	-	4,0	11.182,2
28	CERÂMICA ELIANE NEUTRAL WH (33,5X33,5)CM	1.723,06	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	27.569,0
29	CERÂMICA ELIANE SIENA COTTON MESH (10X10)CM	4.312,12	M2	A	AC2	-	-	-	4,0000	-	-	4,0	17.248,5
30	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN NEVE	369,88	M2	A	AC3	-	-	-	-	4,0000	-	4,0	1.479,5
31	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN OCRE	51,54	M2	A	AC3E	-	-	-	-	-	4,0000	4,0	206,2
32	CERÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM - PAREDE	5.275,85	M2	A	AC2	-	-	-	8,0000	-	-	16,0	84.413,6
33	CERÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM - PISO	926,65	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	14.826,4
34	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM BIANCO (40X40)CM - PAREDE	53,50	M2	A	AC2	-	-	-	8,0000	-	-	16,0	856,0
35	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM BIANCO (40X40)CM - PISO	33,35	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	533,6
36	CERÂMICA PORTOBELLO ECOWOOD EXTERNA COR CANELA 15X90CM	130,66	M2	A	AC3	-	-	-	-	8,0000	-	16,0	2.090,6

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE H (CONTINUAÇÃO PARTE III)

Curva ABC de Serviços (utilização fator água para cada serviço)													
	Descrição	Quantidade Original		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao								
		Quantidade	Un.		Fator A/C ou A/S	Cimento (kg)	Cimento Branco (kg)	Argamassa Colante (kg)				PH Serviços (em l)	
								AC1	AC2	AC3	AC3E	Unit.	Total
37	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA BONE 41X41CM	60,44	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	967,0
38	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA WH 41X41CM	1.525,60	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	24.409,6
39	CERÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43CM - PAREDE	4.660,49	M2	A	AC2	-	-	-	8,0000	-	-	16,0	74.567,8
40	CERÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43CM - PISO	1.605,21	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	25.683,4
41	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - CURVO	625,69	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	1.464,1
42	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - RETO	973,09	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2.277,0
43	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=40CM (E=2CM)	178,85	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	418,5
44	CHAPISCO TRAÇO 1:3 (FACHADA)	8.786,89	M2	A	1,0	2,43	-	-	-	-	-	2,4	21.352,1
45	CHAPISCO TRAÇO 1:3 (PAREDES INTERNAS)	15.086,85	M2	A	1,0	2,43	-	-	-	-	-	2,4	36.661,0
46	CHAPISCO TRAÇO 1:3 COM BIANCO (SUB-SOLO)	722,60	M2	A	1,0	2,43	-	-	-	-	-	2,4	1.755,9
47	CIMENTADO DESEMPENADO S/PINTURA	195,34	M2	A	0,9	5,48	-	-	-	-	-	4,9	963,4
48	COMBOGÓ DE CONCRETO 11X15X32CM	10,08	M2	A	0,6	5,01	-	-	-	-	-	3,0	30,3
49	CONCRETO ARMADO 35MPA P/PISO - TELA Q-61 E=8CM	172,69	M3	C	0,55	448,00	-	-	-	-	-	246,4	42.550,8
50	CONCRETO MAGRO	13,86	M3	C	0,55	220,00	-	-	-	-	-	121,0	1.677,1
51	CONTRAPISO DE CONCRETO E=7CM	14.199,84	M2	C	0,55	11,00	-	-	-	-	-	6,1	85.909,0
52	CONTRA-VERGA DE CONCRETO	4,80	M	C	0,55	327,60	-	-	-	-	-	180,2	864,9
53	DIVISÓRIA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD	3,60	M2	A	0,9	1,60	0,7000	-	-	-	-	2,1	7,5
54	EMBOÇO DE FACHADA	6.098,00	M2	A	0,9	9,72	-	-	-	-	-	8,7	53.345,3

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE H (CONTINUAÇÃO PARTE IV)

Curva ABC de Serviços (utilização fator água para cada serviço)													
	Descrição	Quantidade Original		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao								
		Quantidade	Un.		Fator A/C ou A/S	Cimento (kg)	Cimento Branco (kg)	Argamassa Colante (kg)				PH Serviços (eml)	
								AC1	AC2	AC3	AC3E	Unit.	Total
55	EMBOÇO DE FACHADA (LINEAR)	2.658,00	M	A	0,9	9,72	-	-	-	-	-	8,7	23.252,2
56	EMBOÇO INTERNO	9.016,43	M2	A	0,9	9,72	-	-	-	-	-	8,7	78.875,7
57	ENCHIMENTO DE PAREDE COM TUILO MACIÇO COM LIMPEZA DA ESTACA-BROCA	496,00	M2	A	0,6	1,51	-	-	-	-	-	0,9	449,4
58	FILETE DE GRANITO IMARF PALADIUM POLIDO MERUOCA L=5X2CM	79,74	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	186,6
59	FILETE EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (L=7X2CM)	239,43	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	560,3
60	GRANITO BORDEAUX POLIDO	158,27	M2	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	370,4
61	GRANITO JUPARANÁ GOLD	33,59	M2	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	78,6
62	GRANITO VERDE UBATUBA	22,40	M2	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	52,4
63	MEIO FIO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO	172,00	M	A	0,6	0,49	-	-	-	-	-	0,3	50,2
64	PASTILHA ATLAS BATU AZUL ESCURO (5X5)CM - REF.SGB9883/O	110,53	M2	A	0,9	0,65	3,0000	-	-	-	-	3,3	363,1
65	PASTILHA ATLAS BERTOGA 5X5CM REF.SG8444 SÉRIE CARIBE	312,51	M2	A	0,9	0,65	3,0000	-	-	-	-	3,3	1.026,6
66	PASTILHA ATLAS GUARUJÁ AZUL MÉDIO (5X5)CM - REF. SGB441	351,29	M2	A	0,9	0,65	3,0000	-	-	-	-	3,3	1.154,0
67	PEDRA PORTUGUESA BRANCA	149,09	M2	A	0,6	5,35	-	-	-	-	-	3,2	478,6
68	PEDRA PORTUGUESA PRETA	39,29	M2	A	0,6	5,35	-	-	-	-	-	3,2	126,1
69	PEDRA PORTUGUESA VERMELHA	88,83	M2	A	0,6	5,35	-	-	-	-	-	3,2	285,1
70	PEITORIL EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=30CM (E=2CM)	893,54	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	2.090,9
71	PERFURAÇÃO E INJEÇÃO DE ESTACAS HÉLICE 400MM	231,00	M	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	540,5
72	PERFURAÇÃO E INJEÇÃO DE ESTACAS HÉLICE 600MM	1.507,00	M	-	-	-	-	-	-	-	-	12,4	18.690,3

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE H (CONTINUAÇÃO PARTE V)

Curva ABC de Serviços (utilização fator água para cada serviço)														
	Descrição	Quantidade Original		Tipo	Componentes para RATEIO - SEINFRA - http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/tabela-de-custos/tabela-sem-desoneracao									
		Quantidade	Un.		Fator A/C ou A/S	Cimento (kg)	Cimento Branco (kg)	Argamassa Colante (kg)				PH Serviços (em l)		
								AC1	AC2	AC3	AC3E	Unit.	Total	
73	PISO EM LADRILHO HIDRÁULICO (RAMPA)	105,60	M2	A	0,9	2,80	-	-	-	-	-	2,5	266,1	
74	PORCELANATO PORCELANATI BOLONHA BIANCO (50X50)CM - PISO	262,66	M2	A	AC3E	-	-	-	-	-	8,0000	16,0	4.202,6	
75	PORCELANATO PORTOBELLO CREMA MARFIL (60X60)CM	386,03	M2	A	AC3E	-	-	-	-	-	8,0000	16,0	6.176,5	
76	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM - PISO	7.418,13	M2	A	AC3E	-	-	-	-	-	8,0000	16,0	118.690,1	
77	PORCELANATO PORTOBELLO PERLINO BIANCO 0,60X1,20M - (COLADO)	33,73	M2	A	AC3E	-	-	-	-	-	8,0000	16,0	539,7	
78	PORCELANTO PORTOBELLO PERLA TO BIANCO RET. (45X45)CM	1.277,81	M2	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	20.445,0	
79	PORTADA DE ELEVADOR EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (E=2CM)	104,00	UND	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	243,4	
80	PORTADA DE ELEVADOR EM MÁRMORE CREMA MARFIL (E=2CM)	3,00	M2	A	0,9	1,38	0,2500	-	-	-	-	1,5	4,4	
81	PROTEÇÃO MECÂNICA (1,5CM)	12.051,60	M2	C	0,55	220,00	-	-	-	-	-	48.400,0	583.297.440,0	
82	REBOCO COM ADITIVO ESP=5,0CM	496,00	M2	A	0,9	4,77	-	-	-	-	-	4,3	2.129,3	
83	REBOCO INTERNO ESP=2,5CM	5.534,30	M2	A	0,9	7,30	-	-	-	-	-	6,6	36.360,4	
84	REGULARIZAÇÃO DE BASE (ÁREAS MOLHADAS)	9.220,75	M2	A	0,5	8,76	-	-	-	-	-	4,4	40.386,9	
85	RODAPÉ EM GRANITO BORDEAUX H=10CM	681,72	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	1.595,2	
86	RODAPÉ EM PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS - H=10CM	5.490,50	M	A	AC1	-	-	8,0000	-	-	-	16,0	87.848,0	
87	SERVIÇOS DE CONTENÇÃO	8.859,31	VB	C	0,55	1,00	-	-	-	-	-	0,6	4.872,6	
88	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	165,25	M2	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	386,7	
89	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=15CM (E=2CM)	252,78	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	591,5	
90	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=20CM (E=2CM)	182,85	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	427,9	
91	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	206,10	M	A	0,9	2,60	-	-	-	-	-	2,3	482,3	
92	VERGA DE CONCRETO	36,48	M	C	0,55	327,60	-	-	-	-	-	180,2	6.573,0	
TOTAL PH 92 SERVIÇOS												584.427.948,42		

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I – DETALHAMENTO DA ORIGEM DOS MATERIAIS COM PH UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IMOBILIÁRIA (CONTINUA PARTE I - VII)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
1	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T1 (3/4")	19.431,0	RJ
2	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA DUELLO CROMADO A-DU T2 (1")	3.434,0	RJ
3	ACABAMENTO PARA REGISTROS FABRIMAR LINHA SIRIUS A-S BRANCO T1 (3/4")	2.329,0	RJ
4	ARAME RECOZIDO N.18	533.190,3	SP
5	BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA AZALÉA REF.91570 (33,845KG)	4.670,6	MG
6	BACIA SANITÁRIA COM CAIXA ACOPLADA RIVIERA COM ECOFLUSH (34,5KG)	19.113,0	MG
7	BALCÃO GRANITO JUPARANÁ GOLD	0,1	CE
8	BANCADA GRANITO JUPARANÁ GOLD	6,7	CE
9	BIANCO	2.836,0	BA
10	BLOCO DE CONCRETO 09X19X39CM	109.665,8	CE
11	BRITA 1	800.376,6	CE
12	CABO DE PROTENSÃO CP 190RB-EP	1.660.133,5	SP
13	CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=21CM	117,1	CE
14	CAIXA PARA LAJE NERVURADA - H=26CM	221.382,0	CE
15	CAL HIDRATADA	5.765,8	CE
16	CEARÂMICA PORTOBELLO BALI WHITE (43X43)CM	123.901,1	SC
17	CEARÂMICA PORTOBELLO POLARIS BIANCO 43X43 CM	125.163,6	SC
18	CERÂMICA ATLAS (7,5X7,5) CM MARROM CAFÉ SÉRIE ÔNIX	60.035,9	SP
19	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA BRANCA WH PEI5	122.469,1	SC
20	CERÂMICA CECRISA (30X30)CM PETRA CINZA PEI5 CZ	130.159,5	SC

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE II)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
21	CERÂMICA ELIANE (10X10)CM COR BRANCA	73.802,6	SC
22	CERÂMICA ELIANE NEUTRAL WH (33,5X33,5)CM	45.488,9	SC
23	CERÂMICA ELIANE SIENA COTTON MESH (10X10)CM	113.839,9	SC
24	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN BRANCO NEVE	7.388,8	SC
25	CERÂMICA PORTOBELLO (10X10)CM ARQUITETO DESIGN OCRE	1.029,5	SC
26	CERÂMICA PORTOBELLO CETIM IANCO (40X40)CM	1.735,0	SC
27	CERÂMICA PORTOBELLO ECOWOOD EXTERNA COR CANELA 15X90CM	2.610,1	SC
28	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA BONE 41X41 CM	1.207,3	SC
29	CERÂMICA PORTOBELLO FERRARA WH 41X41CM	30.475,4	SC
30	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM)	186,8	CE
31	CHAPIM EM GRANITO JUPARANÁ GOLD - (L=29X2CM) - CURVO	152,4	CE
32	CHAPIM EM GRANTIO JUPARANÁ GOLD - (L=40X2CM)	47,2	CE
33	CHUVEIRO MANDA CHUVA CROMADO - FABRIMAR	3.468,0	RJ
34	CHUVEIRO PICCOLO CROMADO - FABRIMAR	1.156,0	RJ
35	COMBOGÓ DE CONCRETO 11X15X32CM ANTICHUVA	141.634,1	CE
36	CONCRETO USINADO 20MPA	777,5	CE
37	CONCRETO USINADO 25 MPA	291,7	CE
38	CONCRETO USINADO 35 MPA	2.863,7	CE
39	CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 EXT/ST2-55/CRA	2.785,0	SP
40	CONJUNTO YALE LAFONTE REF.:610 WC/ST2-55/CRA	2.715,0	SP

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE III)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
41	CORREÇÃO EM ASSAMENTO LATEX E PINTURA LATEX BRANCA (LAJES/VIGAS/PILARES)	669,2	CE
42	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PAREDE	26,9	CE
43	CORRIMÃO EM TUBO DE FERRO GALVANIZADO DN=2" - PISO	31,1	CE
44	CORTE DE RODAPÉ EM PORCELANATO	6.275,1	CE
45	CUBA OVAL EMBUTIR FAB.: CELITE COR: BRANCO GELO REF.10116 (5,6KG)	2.979,2	MG
46	DIVISÓRIA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD	4,3	CE
47	DUCHA AQUAJET DUELLO CORMADA	4.811,0	RJ
48	DUCHA AQUAJET SIRIUS BRANCA	1.173,0	RJ
49	EMASSAMENTO PVA LATEX SOBRE PAREDES (18L)	3.443,6	CE
50	EMASSAMENTO SOBRE FORRO DE GESSO	2.417,2	CE
51	ESCADA METÁLICA - PAVIMENTO COBERTURA	93,6	CE
52	ESMALTE BRANCO SOBRE MADEIRA	7.270,3	CE
53	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	1,9	CE
54	ESPELHO EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	83,4	CE
55	FERRO CA-50 10,0MM (3/8")	3.362.884,0	SP
56	FERRO CA-50 12,5MM (1/2")	5.173.183,4	SP
57	FERRO CA-50 16,0MM (5/8")	3.162.206,0	SP
58	FERRO CA-50 20,0MM (3/4")	4.129.347,7	SP
59	FERRO CA-50 25,0MM (1.1/4")	4.689.593,3	SP
60	FERRO CA-50 6,0MM	34.499,3	SP

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE IV)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
61	FERRO CA-50 6,3MM (1/4")	2.326.432,4	SP
62	FERRO CA-50 8,0MM (5/16")	2.190.438,8	SP
63	FERRO CA-60 5,0MM	1.732,5	SP
64	FILETE DE GRANITO IMARF PALADIUM POLIDO MERUOCA L=5X2CM	100,8	CE
65	FILETE EM GRANITO JUPARANÁ GOLD (L=7X2CM)	301,0	CE
66	GESSO ACARTONADO PARA FORRO	34.461,9	CE
67	GRANITO BORDEAUX POLIDO PARA PISO	4,7	CE
68	GRANITO JUPARANÁ GOLD	4,5	CE
69	GRANITO VERDE UBATUBA	0,6	CE
70	LAVATÓRIO PEQUENO CELITE AZALEA REF.: 91006 (5,5KG)	739,2	MG
71	MANUAL DO PROPRIETÁRIO/SÍNDICO	104.370,0	CE
72	MÁRMORE CREMA MARFIL	0,2	CE
73	MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNTAMIX - COR BEGE	80,3	CE
74	MASSA PARA REJUNTE - REJUNTE TUDO REJUNTAMIX - COR CINZA	3.747,8	CE
75	MISTURADOR DE BOX LINHA DUELLO REF.2116DU	4.539,0	RJ
76	PASTILHA ATLAS BATU AZUL ESCURO (5X5)CM - REF.: SGB9883/O	1.392,7	SP
77	PASTILHA ATLAS BERTOGA 5X5 REF.: SG8444 SÉRIE CARIBE	3.937,7	SP
78	PASTILHA ATLAS GUARUJÁ AZUL MÉDIO (5X5)CM - REF.: SGB441	4.426,2	SP
79	PEITORIL EM GRANITO JUAPARANÁ GOLD L=30CM (e=2CM)	168,5	CE
80	PERFURAÇÃO, INJEÇÃO E PROTENSÃO DE TIRANTES ATÉ 22T	4,5	CE

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE V)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
81	PINTURA ACRÍLICA BRANCO NEVE	3.427,5	CE
82	PINTURA DE FAIXA EM PILARES	135,3	CE
83	PINTURA EM GRAFIATO (MARFIM OU CINZA)	942,3	CE
84	PINTURA EM SIKALASTIC 560 WHITE	0,2	CE
85	PINTURA GALVITE SOBRE FERRO	1.602,4	CE
86	PINTURA HIDRACOR BRANCA	2.878,1	CE
87	PINTURA PVA LATEX SUVINIL BRANCO FOSCO HIDRACOR	227,2	CE
88	PINTURA PVA LATEX SUVINIL BRANCO NEVE - FORRO GESSO	24.155,3	CE
89	PLACA PRÉ-MOLDADA H=30CM E E=3CM (APOIO DO BLOCO HIDRÓFUGO)	3.038,8	CE
90	PLACA PRÉ-MOLDADA PARA PISO ELEVADO	18.129,7	CE
91	PLASTERIT PARA LAJES NERVURADAS (61X61)CM	181.875,0	CE
92	POLIMENTO DE RODAPÉ EM PORCELANATO	109,8	CE
93	PORCELANATO PORTOBELLO CREMA MARFIL (60X60)CM	7.711,3	SC
94	PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS 60X60CM	148.184,5	SC
95	PORCELANATO PORTOBELLO PERLATO BIANCO RET (45X45)CM	25.525,5	SC
96	PORCELANATO PORTOBELLO PERLINO BIANCO 0,60X1,20M	673,7	SC
97	PORTA PRONTA (0,60X2,10) DE ABRIR	83,2	PR
98	PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR	125,5	PR
99	PORTA PRONTA (0,7X2,10) DE ABRIR - COM VENEZIANAS	27,2	PR
100	PORTA PRONTA (0,8X2,10) DE ABRIR	186,8	PR

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE VI)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
101	PORTA PRONTA (0,90X2,10) DE ABRIR	44,5	PR
102	PORTA PRONTA (1,00X2,10) DE ABRIR	46,2	PR
103	PORTA PRONTA PORMADE - REF. FRI 003	37,3	PR
104	RODAPÉ DE GRANITO BORDEAUX H=10CM	1,4	CE
105	RODAPÉ EM PORCELANATO PORTOBELLO GEA MARBLE SUPER GLOSS - H=10CM	10.967,9	SC
106	RODAPÉ POLIESTIRENO SANTA LUZIA - REF.: 458 RO/BR	1.192,7	SC
107	RODATETO DE GESSO (TABICA)	12.454,0	CE
108	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=10CM (E=2CM)	109,1	CE
109	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=15CM (E=2CM)	23,9	CE
110	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=20CM	24,1	CE
111	SOLEIRA EM GRANITO JUPARANÁ GOLD L=5CM (E=2CM)	6,8	CE
112	TANQUE DE LOUÇA CELITE 22L REF.51203 (29,2KG)	3.854,4	MG
113	TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - PAREDE (18L)	878,9	CE
114	TEXTURA ACRÍLICA BRANCA HIDRACOR - TETO (18L)	633,4	CE
115	TEXTURA ACRÍLICA FORTCOLOR BRANCA (TETO)	103,7	CE
116	TEXTURA ACRÍLICA IBRATIN COR HAMBURGO CLARO REF. 614A0L	159,4	AL
117	TEXTURA IBRATIN RHODES MINIMO REF.726AOA	438,3	AL
118	TORNEIRA PARA BANCADA LINHA SIRIUS - FABRIMAR REF.: 1194S	1.173,0	RJ
119	TORNEIRA PARA BANCADA REF.1167-LINHA PRÁTICA	3.451,0	RJ
120	TORNEIRA PARA LAVATÓRIO FABRIMAR LINA DUELLO REF.1190-DU	7.055,0	RJ

Fonte: Elaborado pela autora (2014).

APÊNDICE I (CONTINUAÇÃO PARTE VII)

	Descrição dos Materiais	Pegada Hídrica da obra (PH em l)	Origem (UF)
121	TORNEIRA PARA TANQUE LINHA PRATIKA - FABRIMAR REF. 1157-P	1.122,0	RJ
122	TRELIÇA TG 8L'	131,2	CE
123	TUBO PVC ESGOTO 50MM	373,2	SC
124	TUBO PVC SOLDAVEL 32MM	933,0	SC
125	TUBO PVC SOLDAVEL 40MM	186,6	SC
126	VIDRO BRONZE 4MM	25,0	SP
127	VIDRO BRONZE 6MM	216,8	SP
128	VIDRO LAMINADO BRONZE 6,38MM	144,7	SP
Total		30.100.539,5	

Fonte: Elaborado pela autora (2014).