



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

GEMMELLE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CULTIVO DE GRAMÍNEAS NA SUPERFÍCIE DE ATERRO
SANITÁRIO, COM ÊNFASE PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE
METANO E DIÓXIDO DE CARBONO PARA A ATMOSFERA**

FORTALEZA

2012

GEMMELLE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CULTIVO DE GRAMÍNEAS NA SUPERFÍCIE DE ATERRO
SANITÁRIO, COM ÊNFASE PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE
METANO E DIÓXIDO DE CARBONO PARA A ATMOSFERA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Saneamento ambiental

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota

FORTALEZA

2012

GEMMELLE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CULTIVO DE GRAMÍNEAS NA SUPERFÍCIE DE ATERRO
SANITÁRIO, COM ÊNFASE PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE
METANO E DIÓXIDO DE CARBONO PARA A ATMOSFERA**

BANCA EXAMINADORA:

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

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva (Membro Externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Prof. Dr. José Berto Neto (Membro Externo)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB

Aos meus pais Gerardo Albuquerque Santos e Suzana Oliveira Santos,
pela oportunidade de estudar!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo

A toda a minha família

A Catarina de Brito Alves (esposa), pela compreensão nas minhas incontáveis ausências

Ao professor Suetônio Mota, pela orientação

Aos professores do doutorado, pelos ensinamentos

A todos do sistema de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza (ACFOR, ECOFOR) e especialmente os que trabalham no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia - ASMOC

Aos colegas de doutorado, pelos momentos vividos

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições

A todos dos laboratórios que receberam e analisaram as amostras

Aos estudantes do IFCE: Gabriel Monte, Priscila Alencar, Michele Chagas, Francisco Tiago, Israel Mendes e Arthur Abreu, pela ajuda na realização dos ensaios de campo.

[...] TUDO É DO PAI, TODA A HONRA E TODA A GLÓRIA
É DELE A VITÓRIA ALCANÇADA EM MINHA VIDA [...]

Padre Marcelo Rossi

RESUMO

Nesta pesquisa, uma Célula Experimental (CE) de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi instalada numa área não utilizada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), Região Metropolitana de Fortaleza, com o objetivo de se estudar o comportamento de gramíneas na sua superfície, visando a redução das emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera e a produção de biomassa vegetal. As estimativas das emissões de gases foram realizadas por meio de ensaios com placa de fluxo estático na cobertura convencional (branco) e nas coberturas cultivadas, além das medições feitas no dreno; todos em duas campanhas. Os cultivos de capim Mombaça, Massai, Andropogon, Buffel e da grama Bermuda foram avaliados com relação às características morfológicas, estruturais, produtivas e nutricionais. A área que recebeu a CE foi previamente estudada por meio do reconhecimento do perfil estratigráfico do subsolo e do nível d'água, caracterização dos solos em termos geofísicos (granulometria, limites de consistência, compactação Proctor Normal, permeabilidade à água) e quanto à fertilidade. Os RSU foram estudados quanto à composição gravimétrica, densidade aparente, teor de umidade e seu lixiviado analisado do ponto de vista físico-químico. Os gases emitidos pelo dreno, na primeira campanha (1^aC) foram compostos, em média, por 14,7% de CO₂, 8,0% de CH₄, 11,4% de O₂ e 65,9% de outros gases. Na segunda campanha (2^aC) houve um aumento na concentração (%) dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução na concentração dos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 19,0% de CO₂, 11,8% de CH₄, 8,7% de O₂ e 60,4% de outros gases. Os gases emitidos pela cobertura (branco) foram (em %) menores que os emitidos pelo dreno, mostrando retenção: 1^aC = 11,6% de CO₂, 6,5% de CH₄, 9,1% de O₂ e 72,7% de outros gases; 2^aC = 14,9% de CO₂, 9,4% de CH₄, 7,2% de O₂ e 68,5% de outros gases. Em relação aos fluxos mássicos houve aumento entre as campanhas (média): 2,5 x 10⁻³ e 3,6 x 10⁻³ g/m².s de CH₄ (1^aC e 2^aC, respectivamente), 1,2 x 10⁻² e 1,5 x 10⁻² g/m².s de CO₂ (1^aC e 2^aC). Os fluxos volumétricos foram (média): 4,0 x 10⁻⁶ e 5,7 x 10⁻⁶ m³/m².s de CH₄ (1^aC e 2^aC) e 7,0 x 10⁻⁶ e 8,8 x 10⁻⁶ m³/m².s de CO₂ (1^aC e 2^aC). Cabe observar que os fluxos estiveram dentro dos intervalos da literatura. Em relação aos cultivos, observou-se que mesmo colocadas sobre solo típico de aterro sanitário e sem tratamento especial na cobertura ou no cultivo, as sementes dos quatro capins estudados e da grama Bermuda apresentaram germinação dentro dos prazos biológicos previstos. Assim, houve sobrevivência dessas espécies sobre o solo do aterro sanitário, porém com indicadores de desenvolvimento vegetal menores em relação à literatura, contribuindo para isso o efeito negativo da extrema compactação da cobertura e o baixo grau de fertilidade do solo. Cada cultivo teve uma capacidade diferente de impedir as emissões dos gases pela cobertura. Em ordem decrescente, observou-se (média): Mombaça (2,6 e 3,8% de CH₄ na 1^aC/2^aC; 4,6 e 6,0% de CO₂ na 1^aC/2^aC), Massai (2,0 e 2,8% de CH₄; 3,5 e 4,5% de CO₂), Andropogon (1,1 e 1,5% de CH₄; 1,9 e 2,5% de CO₂), Bermuda (0,9 e 1,3% de CH₄; 1,6 e 2,0% de CO₂) e capim Buffel (0,4 e 0,6% de CH₄; 0,5 e 0,6% de CO₂). Os fluxos mássicos e volumétricos também foram menores no solo cultivado com capim Mombaça e maiores no capim Buffel e isso manteve relação com as principais características morfológicas, estruturais, produtivas e nutricionais utilizadas na avaliação da sobrevivência e desenvolvimento dos cultivos.

Palavras-chave: cobertura de aterro sanitário, fluxo de gases, revegetação de aterros

ABSTRACT

An Urban Solid Waste (USW) Experimental Cell (EC) was set up in an unused area of the West Metropolitan Landfill in Caucaia (ASMOC), in the Metropolitan Region of Fortaleza, with the aim of studying the behavior of different grasses planted on its cover layer in order to reduce atmospheric emissions of CO₂ and CH₄ and for the production of plant biomass. Gas emissions were tested with static flow plates on the normal cover layer (blank) and on the planted areas, in addition to the measurements taken on the landfill drainage. All measurements were made in two different campaigns. The morphogenesis, structural, productive and nutritional features of the Mombasa, Massai, Andropogon, Buffel and Bermuda grasses were evaluated. The area on which the EC was located was studied prior to the seeding, including a survey of the subsoil stratigraphic profile and groundwater levels, a geophysical soil characterization (grain size, Atterberg limits, normal Proctor compaction, water permeability) and fertility. The USW was studied for its gravimetric composition, density and moisture content and its leachate was analyzed from a physical and chemical perspective. The gases emitted by the drainage in the first campaign (C1) were composed on average by 14.7% CO₂, 8.0% CH₄, 11.4% O₂, and 65.9% of other gases. In the second campaign (C2) there was an increase in the concentration (%) of the two main gases of interest (CO₂: 0.3 times; CH₄: 0.5 times) and a reduction in the concentration of the others (O₂: 0.2 times, and other gases 0.1 times), with the following concentrations: CO₂ 19.0%, CH₄ 11.8%, O₂ 8.7%, and 60.4% of other gases. The gas emissions of the normal cover layer (blank) were lower than those of the drainage, showing a certain retention: C1: CO₂ 11.6%, CH₄ 6.5%, O₂ 9.1% and 72.7% of other gases; C2: CO₂ 14.9%, CH₄ 9.4%, O₂ 7.2% and 68.5% of other gases. Regarding the mass flows, there was an increase between the two campaigns (mean values): 2.5×10^{-3} and 3.6×10^{-3} g/m².s of CH₄ (C1 and C2, respectively), and 1.2×10^{-2} and 1.5×10^{-2} g/m².s of CO₂ (also for C1 and C2, respectively). The volumetric flows were the following (mean values): 4.0×10^{-6} and 5.7×10^{-6} m³/m².s of CH₄ (C1 and C2); and 7.0×10^{-6} and 8.8×10^{-6} m³/m².s of CO₂ (C1 and C2). The flows were within the ranges reported in the literature. Regarding the grass crops, it was observed that even though they were planted on a typical landfill soil without any special soil or cultivation treatment, the seeds of all five studied grasses germinated within the expected biological times. These species survived on the soil of the landfill yet presented smaller plant development indicators than those reported in the literature. The negative effect of an extreme soil compaction and low soil fertility contributed to such lower developmental results. Each crop showed a different ability to prevent gas emissions through the cover layer. We present them in descending order (mean values), namely: Mombasa (2.6% and 3.8% of CH₄ in C1/C2, and 4.6% and 6.0% of CO₂ in C1/ C2); Massai (2.0% and 2.8% of CH₄, and 3.5% and 4.5% of CO₂); Andropogon (1.1% and 1.5% of CH₄, 1.9% and 2.5% of CO₂); Bermuda (0.9% and 1.3% of CH₄, 1.6% and 2.0% of CO₂); and Buffel (0.4% and 0.6% of CH₄, 0.5% and 0.6% of CO₂). The volumetric and mass flows were lower in the soil planted with Mombasa grass and higher in that planted with Buffel. This was related to the main morphogenesis, structural, nutritional and productive features used in the assessment of crop survival and development.

Keywords: Landfill cover layer; gas flow; landfill revegetation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo ideal de geração de gases de aterros sanitários	31
Figura 2 - Coordenadas geográficas da CE	51
Figura 3 - Localização da Célula Experimental (CE), 2012	52
Figura 4 - Vista geral da frente de serviços do ASMOC, 2011.....	53
Figura 5 - Vista parcial da preparação da última trincheira do ASMOC, 2011	54
Figura 6 - Vista do processo de realização do ensaio SPT na área da CE, 2011.....	55
Figura 7 - Vista do processo de abertura da CE com a escavadeira hidráulica, 2011	55
Figura 8 - Vista parcial da CE aberta, 2011	56
Figura 9 - Vista da rampa externa de acesso a CE, 2011	56
Figura 10 - Trator de esteiras descendo a rampa para nivelamento da base da CE, 2011.....	57
Figura 11 - Coleta e análise das amostras da camada de base da CE, 2011.....	58
Figura 12 - Vista parcial do dreno para líquidos da CE, 2011	59
Figura 13 - Vista do sistema de proteção do dreno para líquidos e vista no nível do terreno, 2011 ..	59
Figura 14 - Vista do lixiviado recém coletado da CE, 2011	60
Figura 15 - Vista parcial do PVC perfurado e do dreno vertical da CE, 2011	61
Figura 16 - Vista parcial da camada drenante e dos pedriscos, 2011	61
Figura 17 - Fluxograma do processo de quarteamento dos RSU, 2011	63
Figura 18 - Imagens dos RSU no processo de composição gravimétrica, 2011	64
Figura 19 - Procedimento de determinação da densidade aparente dos RSU, 2011	65
Figura 20 - Componentes utilizados na determinação da umidade dos resíduos, 2011	66
Figura 21 - Detalhes do processo de controle da pesagem dos RSU destinados a CE, 2011.....	67
Figura 22 - Vista dos RSU na rampa de acesso a CE e entrada do trator de esteiras, 2011.....	68
Figura 23 - Vista da CE em preenchimento e do trator de esteiras, 2011	69
Figura 24 - Vista da placa de recalque e de sua instalação na CE, 2011.....	71
Figura 25 - Pontos de medição dos gases na camada de cobertura convencional, 2011.....	72
Figura 26 - Vista do esquema da placa e de uma unidade confeccionada, 2011.....	73

Figura 27 - Vista do processo de cravação da placa na camada de cobertura da CE, 2011	74
Figura 28 - Vista do GEM2000 conectado à placa na cobertura, 2011.....	75
Figura 29 - Vista do GEM2000 conectado ao dreno central, 2011	76
Figura 30 - Ferramentas utilizadas no preparo da camada de cobertura da CE, 2011	77
Figura 31 - Delimitação física da cada área por tipo de semente, 2011	78
Figura 32 - Imagens de amostras das sementes utilizadas, 2011	78
Figura 33 - Distribuição das áreas de plantio na superfície da CE, 2011.....	80
Figura 34 - Vista do lançamento das sementes e respectiva cobertura com solo natural, 2011	81
Figura 35 - Imagem geral da cobertura da CE com o plantio das sementes, 2011	81
Figura 36 - Vista do processo de irrigação das sementes, 2011	82
Figura 37 - Vista dos tambores de armazenamento de água para irrigação, 2011	82
Figura 38 - Imagem do processo de medição e corte das gramíneas, 2011	86
Figura 39 - Imagem do processo de pesagem do capim após o corte e após a secagem, 2011	86
Figura 40 - Vista do processo de cravação da placa na camada cultivada da CE, 2011	87
Figura 41 - Perfil estratigráfico do solo da área da CE, 2011	90
Figura 42 - Curvas granulométricas das amostras do solo da camada de base da CE, 2011	93
Figura 43 - Gráfico do limite de liquidez das amostras do solo da camada de base da CE, 2011	93
Figura 44 - Curva de compactação do solo de camada de base da CE, 2011.....	93
Figura 45 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011	103
Figura 46 - Valores da densidade aparente dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011.....	105
Figura 47 - Comportamento dos teores de umidade (%) dos resíduos destinados a CE, 2011	108
Figura 48 - Curvas granulométricas das amostras do solo da camada de cobertura da CE, 2011	110
Figura 49 - Limite de liquidez das amostras do solo da camada de cobertura da CE, 2011	111
Figura 50 - Curva de compactação do solo de camada de cobertura da CE, 2011.....	111
Figura 51 - Concentração (%) de CH ₄ e CO ₂ no dreno central da CE (análise geral).....	115
Figura 52 - Concentração (%) de CH ₄ e CO ₂ no dreno central da CE por turno (análise geral).....	117
Figura 53 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ no dreno da CE (Primeiro dia, duas campanhas).....	120
Figura 54 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ no dreno da CE (Segundo dia, duas campanhas).....	123

Figura 55 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ no dreno da CE (Terceiro dia, duas campanhas)	126
Figura 56 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ no dreno da CE (Quarto dia, duas campanhas)	129
Figura 57 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ no dreno da CE (Quinto dia, duas campanhas)	132
Figura 58 - Concentração (%) de CH ₄ e CO ₂ na placa (cobertura da CE, duas campanhas)	136
Figura 59 - Concentração (%) de CH ₄ e CO ₂ no interior da placa por turno (análise geral).....	141
Figura 60 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ na placa, por turno (Ponto 1, duas campanhas)	146
Figura 61 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ na placa, por turno (Ponto 2, duas campanhas)	150
Figura 62 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ na placa, por turno (Ponto 3, duas campanhas)	154
Figura 63 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ na placa, por turno (Ponto 4, duas campanhas)	158
Figura 64 - Concentração (%) de CO ₂ e CH ₄ na placa, por turno (Ponto 5, duas campanhas)	162
Figura 65 - Imagens das primeiras germinações das sementes de capim na CE, 2011	166
Figura 66 - Imagens dos cultivos dois meses após o plantio na CE, 2011	167
Figura 67 - Imagens dos cultivos oito meses após o plantio na CE, 2012	168
Figura 68 - Imagens das raízes de alguns cultivos estudados, 2012	173
Figura 69 - Coleta das amostras do solo da cobertura para análise da fertilidade, 2012.....	183
Figura 70 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa (capim Mombaça, duas campanhas)	189
Figura 71 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa por turno (Mombaça, duas campanhas).....	194
Figura 72 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa (capim Massai, duas campanhas)	197
Figura 73 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa por turno (Massai, duas campanhas)	201
Figura 74 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa (capim Andropogon, duas campanhas)	205
Figura 75 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa por turno (Andropogon, duas campanhas)	209
Figura 76 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa (grama Bermuda, duas campanhas).....	212
Figura 77 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa por turno (Bermuda, duas campanhas).....	216
Figura 78 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa (capim Buffel, duas campanhas)	220
Figura 79 - Concentração de CH ₄ e CO ₂ na placa por turno (Buffel, duas campanhas)	224
Figura 80 - Concentração (%) de CH ₄ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, manhã).....	227
Figura 81 - Concentração (%) de CH ₄ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, tarde).....	228
Figura 82 - Concentração (%) de CO ₂ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, manhã).....	229

Figura 83 - Concentração (%) de CO₂ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, tarde).....230

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das previsões de geração de gases de aterro encontradas na literatura	34
Tabela 2 - Influência dos principais parâmetros na geração de gases de aterro sanitário	34
Tabela 3 - Fatores determinantes na seleção das espécies	45
Tabela 4 - Características das espécies utilizadas	47
Tabela 5 - Normas da ABNT referentes à caracterização geofísica do solo	57
Tabela 6 - Lista das sementes selecionadas para aplicação sobre a cobertura da CE	79
Tabela 7 - Variáveis consideradas na avaliação do desenvolvimento das gramíneas	83
Tabela 8 - Altura do corte do capim na literatura.....	85
Tabela 9 - Histórico das chuvas no município de Caucaia no período da pesquisa	88
Tabela 10 - Dados granulométricos (solo da camada de base) encontrados na literatura	94
Tabela 11 - Dados dos limites de consistência (solo da camada de base) encontrados na literatura .	95
Tabela 12 - Dados da curva de compactação (solo da camada de base) encontrados na literatura....	96
Tabela 13 - Dados da permeabilidade à água (solo da camada de base) encontrados na literatura ...	96
Tabela 14 - Resultados das análises laboratoriais das amostras de lixiviado da CE.....	97
Tabela 15 - Resultados das análises laboratoriais de lixiviado “novo” encontrados na literatura	102
Tabela 16 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011	103
Tabela 17 - Valores da densidade aparente (kg/m ³) de resíduos sólidos encontrados na literatura ...	106
Tabela 18 - Redução dos teores de umidade (%) nos resíduos sólidos destinados a CE, 2011	108
Tabela 19 - Valores do teor de umidade de resíduos sólidos encontrados na literatura.....	109
Tabela 20 - Dados granulométricos da camada de cobertura de aterro encontrados na literatura	112
Tabela 21 - Dados da literatura dos limites de consistência da camada de cobertura de aterro.....	112
Tabela 22 - Dados da curva de compactação (camada de cobertura de aterro) na literatura	113
Tabela 23 - Permeabilidade à água (camada de cobertura de aterro) encontrada na literatura	113
Tabela 24 - Resultados das concentrações dos gases no dreno para as duas campanhas.....	114

Tabela 25 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno central da CE	115
Tabela 26 - Composição dos gases de aterro encontrada na literatura nacional	116
Tabela 27 - Resultados das concentrações dos gases no dreno central da CE por turno.....	118
Tabela 28 - Concentrações dos gases no dreno da CE (primeiro dia, duas campanhas).....	121
Tabela 29 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no primeiro dia...	122
Tabela 30 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no primeiro dia.....	122
Tabela 31 - Concentrações dos gases no dreno da CE (segundo dia, duas campanhas)	124
Tabela 32 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno CE no segundo dia.....	125
Tabela 33 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no segundo dia.....	125
Tabela 34 - Concentrações dos gases no dreno da CE (terceiro dia, duas campanhas)	127
Tabela 35 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no terceiro dia	128
Tabela 36 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no terceiro dia	128
Tabela 37 - Concentrações dos gases no dreno da CE (quarto dia, duas campanhas)	130
Tabela 38 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no quarto dia	131
Tabela 39 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no quarto dia	131
Tabela 40 - Concentrações dos gases no dreno da CE (quinto dia, duas campanhas)	133
Tabela 41 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no quinto dia	134
Tabela 42 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no quinto dia	134
Tabela 43 - Tendência das concentrações de CH ₄ e CO ₂ no dreno (<i>gás x turno x dia x campanha</i>). 135	
Tabela 44 - Resultados das concentrações dos gases na camada de cobertura (duas campanhas).....	136
Tabela 45 - Resultados da retenção dos gases promovida pela cobertura (duas campanhas).....	137
Tabela 46 - Fluxos mássicos e volumétricos dos gases pela cobertura (duas campanhas)	138
Tabela 47 - Fluxos de gases em camadas de cobertura relatados na literatura	140
Tabela 48 - Concentrações dos gases na camada de cobertura por turno (duas campanhas).....	142
Tabela 49 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura por turno (duas campanhas)....	144
Tabela 50 - Concentração dos gases no Ponto 1 por turno (duas campanhas).....	148
Tabela 51 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 1 (duas campanhas). 149	
Tabela 52 - Concentração dos gases no Ponto 2 por turno (duas campanhas).....	152

Tabela 53 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 2 (duas campanhas) .	153
Tabela 54 - Concentração dos gases no Ponto 3 por turno (duas campanhas).....	156
Tabela 55 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 3 (duas campanhas) .	157
Tabela 56 - Concentração dos gases no Ponto 4 por turno (duas campanhas).....	160
Tabela 57 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 4 (duas campanhas) .	161
Tabela 58 - Concentração dos gases no Ponto 5 por turno (duas campanhas).....	164
Tabela 59 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 5 (duas campanhas) .	165
Tabela 60 - Resultados da TapF dos capins estudados e valores encontrados na literatura.....	170
Tabela 61 - Resultados do Filocrono dos capins estudados e valores encontrados na literatura.....	172
Tabela 62 - Resultados da TalF dos capins estudados e valores encontrados na literatura.....	174
Tabela 63 - Resultados do CMF dos capins estudados e valores encontrados na literatura.....	176
Tabela 64 - Resultados da PMSTA dos capins estudados e valores encontrados na literatura.....	178
Tabela 65 - Resultados do TMS das gramíneas estudadas.....	180
Tabela 66 - Resultados do TMS das gramíneas estudadas e valores encontrados na literatura	181
Tabela 67 - Resultados da análise da fertilidade do solo da camada de cobertura da CE.....	183
Tabela 68 - Concentrações dos gases (camada com capim Mombaça, duas campanhas).....	190
Tabela 69 - Retenção dos gases (camada com capim Mombaça, duas campanhas)	191
Tabela 70 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Mombaça, duas campanhas)	191
Tabela 71 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Mombaça <i>versus</i> Branco)	192
Tabela 72 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Mombaça) por ano.....	192
Tabela 73 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Mombaça, duas campanhas).....	193
Tabela 74 - Fluxos mássicos e volumétricos por turno (capim Mombaça, duas campanhas).....	196
Tabela 75 - Concentrações dos gases (camada com capim Massai, duas campanhas)	198
Tabela 76 - Retenção dos gases (camada com capim Massai, duas campanhas).....	199
Tabela 77 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Massai, duas campanhas)	199
Tabela 78 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Massai <i>versus</i> Branco).....	200
Tabela 79 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Massai) por ano	200
Tabela 80 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Massai, duas campanhas)	202

Tabela 81 - Fluxos mássicos e volumétricos por turno (capim Massai, duas campanhas)	204
Tabela 82 - Concentrações dos gases (camada com capim Andropogon, duas campanhas)	205
Tabela 83 - Retenção dos gases (camada com capim Andropogon, duas campanhas)	206
Tabela 84 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Andropogon, duas campanhas) ..	207
Tabela 85 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (Andropogon <i>versus</i> Branco).....	207
Tabela 86 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Andropogon) por ano.....	208
Tabela 87 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Andropogon, duas campanhas).....	210
Tabela 88 - Fluxos mássicos e volumétricos por turno (capim Andropogon, duas campanhas)	211
Tabela 89 - Concentrações dos gases (camada com grama Bermuda, duas campanhas).....	213
Tabela 90 - Retenção dos gases (camada com grama Bermuda, duas campanhas)	213
Tabela 91 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com grama Bermuda, duas campanhas)	214
Tabela 92 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (grama Bermuda <i>versus</i> Branco)	214
Tabela 93 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (grama Bermuda) por ano	215
Tabela 94 - Concentrações dos gases na placa por turno (grama Bermuda, duas campanhas).....	217
Tabela 95 - Fluxos mássicos e volumétricos por turno (grama Bermuda, duas campanhas).....	219
Tabela 96 - Concentrações dos gases (camada com capim Buffel, duas campanhas)	220
Tabela 97 - Retenção dos gases (camada com capim Buffel, duas campanhas).....	221
Tabela 98 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Buffel, duas campanhas)	222
Tabela 99 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Buffel <i>versus</i> Branco).....	223
Tabela 100 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Buffel) por ano	223
Tabela 101 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Buffel, duas campanhas)	225
Tabela 102 - Fluxos mássicos e volumétricos por turno (capim Buffel, duas campanhas)	226

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al³⁺ - Alumínio

ASMOC - Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia

ATDRX - Agency for Toxic Substances & Disease Registry
C - Carbono
C/N - Relação Carbono Nitrogênio
Ca²⁺ - Cálcio
CE - Célula Experimental
CEC - Commission of the European Communities
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CH₄ - Gás Metano
CMF - Comprimento Médio das Folhas
CO₂ - Dióxido de Carbono
DF - Distrito Federal
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EMATERCE - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMLURB - Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização
EPA - European Environmental Agency
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
FIL - Filocrono
GEE - Gases de Efeito Estufa
GEM2000 - Gas Analyzer & Extraction Monitor 2000
H⁺ - Hidrogênio
H₂ - Gás Hidrogênio
IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IP - Índice de Plasticidade
IPCC - International Panel on Climate Change
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISWA - International Solid Waste Association
K⁺ - Potássio
LL - Limite de Liquidez
LP - Limite de Plasticidade
MG - Estado de Minas Gerais
Mg²⁺ - Magnésio
MO - Matéria Orgânica
MT - Estado do Mato Grosso

N - Nitrogênio
Na⁺ - Sódio
NBR - Norma Brasileira
O₂ - Gás Oxigênio
P - Fósforo
PA - Estado do Pará
PAG - Potencial de Aquecimento Global
PE - Estado do Pernambuco
PET - Politereftalato de Etileno
pH - Potencial Hidrogeniônico
PMSTA - Produção de Matéria Seca Total Aérea
PR - Estado do Paraná
PST - Percentual de Sódio Trocável
PVC - Cloreto de Polivinila
RECESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RJ - Estado do Rio de Janeiro
RMF - Região Metropolitana de Fortaleza
RS - Estado do Rio Grande do Sul
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
SP - Estado de São Paulo
SPT - Standard Penetration Test
TalF - Taxa de Alongamento das Folhas
TapF - Taxa de Aparecimento de Folhas
TMS - Teor de Matéria Seca
USACE - United States Army Corps of Engineer
USEPA - Environmental Protection Agency of the United States

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

cm - centímetro
cm/s - centímetro por segundo
cm² - centímetro quadrado
g/m²/d - grama por metro quadrado por dia

$\text{g/m}^2/\text{h}$ - grama por metro quadrado por hora

$\text{g/m}^2/\text{min}$ - grama por metro quadrado por minuto

$\text{g/m}^2/\text{s}$ - grama por metro quadrado por segundo

Gg - gigagrama

h - hora

ha - hectare

kg - quilograma

kg/h - quilograma por hora

$\text{kg/m}^2/\text{ano}$ - quilograma por metro quadrado por ano

kN/m^3 - kilonewtons por metro cúbico

$\text{kN/m}^3/\text{dia}$ - kilonewtons por metro cúbico por dia

m - metro

m/s - metro por segundo

m^2 - metro quadrado

m^3 - metro cúbico

m^3/h - metro cúbico por hora

$\text{m}^3/\text{ha}/\text{h}$ - metro cúbico por hectare por hora

$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ - metro cúbico por metro quadrado por hora

$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ - metro cúbico por metro quadrado por segundo

mg/L - miligrama por litro

$\text{mg/m}^2/\text{h}$ - miligrama por metro quadrado por hora

mL - mililitro

mm - milímetro

mS/m - miliSiemens por metro

Nm^3 - newtons metro cúbico

$\mu\text{g/m}^2/\text{h}$ - micrograma por metro quadrado por hora

$\mu\text{S/m}$ - microSiemens por metro

SUMÁRIO

Apresentação

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 Considerações gerais.....	22
1.2 Justificativa	24
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Geral	27
1.3.2 Específicos.....	27

Apresentação

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 Mecanismos e processos da geração e composição dos gases em aterros sanitários .29	
2.2 Estudos sobre emissões de gases de aterro em camadas de cobertura.....	35
2.3 Revegetação e recuperação paisagística de aterros sanitários	38
2.3.1 Gramíneas em cobertura de aterros sanitários	45

Apresentação

3. MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1 A Célula Experimental (CE).....	51
3.1.1 Localização	51
3.1.2 Instalação	54
3.1.3 Caracterização dos RSU destinados à CE	62
3.1.3.1 Composição gravimétrica.....	62
3.1.3.2 Densidade aparente.....	64
3.1.3.3 Teor de umidade	65
3.1.4 Preenchimento da CE	67
3.1.5 Cobertura da CE	69

3.1.6 Medição dos gases na camada de cobertura e no dreno central	72
3.1.7 Plantio de gramíneas sobre a cobertura da CE	77
3.1.8 Avaliação do desenvolvimento das gramíneas	83

Apresentação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.1 Sondagem de solo na área da CE.....	89
4.2 Caracterização do solo da camada de base da CE	92
4.3 Análises laboratoriais do lixiviado da CE.....	97
4.4 Composição gravimétrica	102
4.5 Densidade aparente	105
4.6 Teor de umidade	107
4.7 Caracterização do solo da camada de cobertura da CE	110
4.8 Emissões de gases no dreno central.....	114
4.8.1 Análise geral	114
4.8.2 Análise específica	119
4.9 Emissões de gases na camada de cobertura	135
4.9.1 Análise geral	135
4.9.2 Análise específica	145
4.10 Plantio das gramíneas e avaliação do desenvolvimento	166
4.10.1 Considerações gerais	166
4.10.2 Características morfogênicas	169
4.10.3 Características estruturais	175
4.10.4 Características produtivas.....	177
4.10.5 Características nutricionais.....	179
4.11 Fertilidade do solo da camada de cobertura.....	182

4.12 Emissões de gases através dos cultivos na camada de cobertura	188
4.12.1 Capim Mombaça	189
4.12.2 Capim Massai	197
4.12.3 Capim Andropogon	204
4.12.4 Grama Bermuda.....	212
4.12.5 Capim Buffel	219
4.12.6 Comparativo entre os cultivos	227
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	232
REFERÊNCIAS	236
APÊNDICES	257

Apresentação

Este capítulo traz a discussão sobre os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), considerando seus riscos à saúde pública e ao ambiente natural, a partir da sua disposição final em aterros sanitários. Aborda os problemas relacionados à emissão descontrolada dos gases do aterro para a atmosfera, especialmente aquela que percola através da camada de cobertura. Apresenta e justifica, resumidamente, a Célula Experimental de RSU instalada no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), Região Metropolitana de Fortaleza, onde as emissões de CH₄ e CO₂ foram monitoradas, em fluxo e concentração, na camada de cobertura convencional (solo natural) e na camada cultivada com gramíneas. Por fim, apresenta os objetivos do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

A geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em inúmeras regiões do mundo e do Brasil causa negativos impactos sociais, econômicos e ambientais.

O crescimento populacional, os avanços tecnológicos e o aumento da produção-consumo geraram e, ainda geram, RSU que representam para o poder público e sociedade um crescente desafio quanto a sua gestão integrada¹ e gerenciamento ambientalmente adequados.

No Brasil, a cooperação entre as diferentes esferas do poder público e da sociedade em relação aos RSU deve, como prevê a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010², abranger todas as atividades, na fonte, relacionadas ao(a) correto(a) acondicionamento, coleta, transporte, aproveitamento, tratamento, destinação e disposição final, entre outras obrigações.

¹ Gestão integrada: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Artigo 3º, XI da Lei 12.305/2010).

² Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências (BRASIL, 2010).

A disposição de RSU *in natura* a céu aberto está proibida pela referida legislação (Artigo 47, II), restando ao município destinar seus rejeitos a aterros sanitários; entendidos na Lei 12.305 como uma disposição final ambientalmente adequada (Artigo 3º, VIII).

O aterro sanitário é um empreendimento projetado de acordo com normas específicas de engenharia que permite reduzir danos e riscos à saúde pública, à segurança de seu entorno e ao ambiente natural. Mesmo assim, sua operação, ou um simples descuido, pode ocasionar impactos ambientais negativos em função da geração de resíduos líquidos e gasosos poluentes.

Conforme estudos (KJELDSEN e FISCHER, 1995; JOHANNESSEN, 1999; THEMELIS e ULLOA, 2007), os aterros geram preocupações ambientais relativas à eliminação de resíduos, principalmente no que diz respeito à poluição da água, odores, riscos de explosão, danos à vegetação e emissão de Gases de Efeito Estufa³ (GEE).

Os GEE gerados em aterros sanitários, especialmente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), alcançam a atmosfera em vários momentos: durante o preenchimento do aterro, por processos de percolação nas camadas de cobertura e através do sistema de drenagem vertical. Alguns estudos internacionais (MARION e PETER, 1998; MOSHER, CZEPIEL e HARRISS, 1999; HEDGE, CHAN e YANG, 2003; WANG-YAO *et al.*, 2006; ABICHOU *et al.*, 2006; ISHIGAKI *et al.*, 2008) observaram variados fluxos de CH₄ e CO₂ pelas camadas de cobertura.

No Brasil, estudos sobre essas emissões (MACIEL, 2003; GUEDES, 2007; FERNANDES, 2009; BERTO NETO, 2009) também apontam para fluxos que variam em função de diversos fatores: tipo de área de disposição, características físicas dos solos aplicados nas camadas de cobertura, forma de compactação dos RSU, idade dos resíduos, estação do ano, horário de medição, altura das camadas de resíduos, questões relacionadas à pressão e temperatura interna e externa do aterro etc.

³ De acordo com a Commission of the European Communities - CEC (1996) a capacidade que um gás tem de causar efeito de estufa é normalmente expressa pelo seu potencial de aquecimento global (PAG). O PAG indica até que ponto uma substância é mais poderosa do que a substância padrão, ou seja, CO₂, que por definição tem um PAG igual a um. Conforme Johannessen (1999) o lançamento não gerenciado do gás de aterro pode representar de 2 a 4% dos gases de efeito estufa emitidos em escala local.

A emissão desses gases pela camada de cobertura é uma condição insustentável, representa desperdício de uma importante fonte de energia renovável e contribui para o agravamento das mudanças climáticas, trazendo riscos à integridade do clima.

Combater essas emissões não é tarefa simples e nem prioritária em função da atribulada rotina operacional dos aterros sanitários e da não adequação⁴ de algumas áreas de disposição para o desenvolvimento de pesquisas aprofundadas sobre esse tema, o que justifica a construção de células experimentais, nas quais é possível controlar, sistematicamente, a quantidade e qualidade dos RSU, acompanhar os processos de espalhamento, compactação e recobrimento, estabelecer a altura ideal da camada de resíduos, entre outros cuidados.

Nesta pesquisa, uma Célula Experimental (CE) foi instalada numa área não utilizada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), Região Metropolitana de Fortaleza, para permitir o plantio de sementes de gramíneas sobre sua camada de cobertura convencional (solo natural), avaliar a sobrevivência e desenvolvimento desses cultivos e sua capacidade de reduzir as emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera.

O ASMOC dista aproximadamente 30 km, pelas BR-222 ou BR-020, do centro de Fortaleza e começou a operar em 1991, sendo que a partir de 1998 passou a receber os RSU coletados na capital, já que a área do antigo lixão do Jangurussu estava com sua capacidade de recebimento esgotada.

1.2 Justificativa

Conforme alguns estudos (MCLENNAN, 2003; KORHONEN e DAHLBO, 2007) a produção de gases em aterros sanitários tem início a partir dos três primeiros meses de compactação dos resíduos sólidos e se estende até, aproximadamente, 15 - 20 anos após a desativação da área.

⁴ Sobre a realidade dos aterros sanitários brasileiros, Pessin *et al.* (2002) observam que "[...] a maioria dos aterros de resíduos não possui critérios de implantação, operação e de monitoramento ou, simplesmente, os gestores públicos não os adotam, dificultando, desta forma, o monitoramento dos líquidos percolados e gases gerados no processo de digestão anaeróbia dos resíduos".

Como o gás de aterro contém altas concentrações de metano (30 a 65%) e gás carbônico (20 - 40%), conforme Johannessen (1999), ele traz uma preocupação em termos da possível indução do efeito estufa e aquecimento global, se lançado na atmosfera sem controle e tratamento.

Estudos feitos (AYALON, AVNIMELECH e SCHECHTER, 2001; ABICHOU *et al.*, 2006) apontam que o CH₄ é 20 - 23 vezes mais potente na indução do efeito estufa quando comparado com o CO₂, tomando como referência um horizonte de tempo de 100 anos.

Além desse aspecto:

a geração de metano pela digestão anaeróbia dos materiais orgânicos existentes nos resíduos sólidos é 10 vezes superior às emissões provenientes da digestão de efluentes industriais e 20 vezes superior às emissões dos esgotos domésticos [...] e dentre as alternativas para redução de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), a recuperação do metano gerado pelos resíduos deve ser uma das de menor custo [...] já que a mitigação de GEE é mais barata quando são mitigados GEE "não-CO₂", ou seja, mitigação de metano, óxido nitroso, ozônio e outros (ALVES, 2000, p.6).

Considerando tais questões, estudos voltados à redução das emissões de CH₄ e CO₂ pela cobertura dos aterros sanitários complementam os temas já pesquisados no Brasil e podem auxiliar (i) no desenvolvimento de projetos de aproveitamento energético do metano e de créditos de carbono mais seguros e econômicos, (ii) na recuperação paisagística das áreas de disposição de RSU (com consequente redução do impacto visual e reintegração da área do aterro à paisagem vizinha) e (iii) no sequestro de carbono.

A correta projeção do volume e qualidade dos gases e também das emissões em coberturas convencionais é possível a partir do monitoramento contínuo das variáveis que envolvem a construção e operação do aterro sanitário. Porém, o cotidiano desses empreendimentos praticamente inviabiliza esse tipo de projeção; daí a importância da construção de células experimentais operando em escala real.

Uma célula experimental permite reproduzir, com maior fidelidade e controle técnico e operacional, as condições de um aterro sanitário. Além disso, permite o início de um campo de pesquisa e desenvolvimento de fundamental importância para a formação de recursos humanos especializados.

Na literatura nacional há alguns estudos realizados com células experimentais de RSU (de maior ou menor porte que a apresentada neste trabalho): São Carlos-SP (MORUZZI MARQUES, 2001), Recife-PE (MONTEIRO, 2003; MACIEL, 2009), Porto Alegre-RS (SOUZA, 2003), Brasília-DF (ARAÚJO, 2001; VIEIRA DOS SANTOS, 2004), Belo Horizonte-MG (CATAPRETA, 2008; FERNANDES, 2009), Rio das Ostras-RJ (PIRES, 2007), Santo André-SP (CANDIANI, 2011).

A leitura desses trabalhos permitiu a idealização, construção e monitoramento de uma Célula Experimental (CE) na Região Metropolitana de Fortaleza e sobre sua camada de cobertura convencional (solo natural) decidiu-se realizar o plantio de sementes de gramíneas, avaliar sua sobrevivência e desenvolvimento sobre o solo do aterro e suas respectivas capacidades de reduzir as emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera; seja por (i) sequestro de carbono, (ii) aumento da saturação do solo em função do crescimento da umidade na rizosfera, (iii) redução dos espaços vazios do solo (impedimento mecânico) provocado pelas raízes ou outros processos desconhecidos.

O uso de gramíneas sobre a cobertura final de aterros sanitários é relatado⁵ e recomendado na literatura já que contribui para: i) redução das fissuras, dos processos erosivos e da entrada de água e ar no maciço de RSU, ii) aumento da estabilidade dos taludes, iii) recuperação paisagística, iv) sequestro de carbono, v) redução da suspensão de partículas (poeira) e vi) regulação da temperatura (MAGALHÃES, 2005; DE SOUZA, 2007; MANHAGO, 2008; MEINERZ *et al.*, 2009; LONDE e BITAR, 2011).

Diante das referenciadas vantagens teóricas do uso de gramíneas sobre aterros sanitários, decidiu-se investigar a capacidade de um tipo de grama (Bermuda) e quatro tipos de capim (Andropogon, Massai, Buffel e Mombaça) de sobrevivência e desenvolvimento em solo de aterro sanitário e de redução das emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera.

A investigação com gramíneas se soma às pesquisas realizadas com outros materiais, *in situ* e em laboratório, sobre redução das emissões em coberturas: (i) compostos a

⁵ Segundo a USEPA (1999) existem quatro aterros sanitários nos Estados Unidos contendo cobertura vegetal proposital sobre as camadas finais, sendo um em Atlanta (Georgia), um em Beltsville (Maryland), um em Kalamazoo (Michigan) e um em Wenatchee (Washington). No Brasil, existem projetos de revegetação para o aterro Bandeirantes, Vila Albertina, São João, Sapopemba e São Matheus (SÃO CARLOS, 2008).

base de resíduos sólidos, folhas e lodo de esgoto, (ii) húmus de minhoca e carvão ativado em pó e (iii) madeira triturada (DEVER, SWAEBRICK e STUETZ, 2007; PARK *et al.*, 2008).

Além disso, o processo de revegetação da superfície dos aterros sanitários ainda é pouco pesquisado no Brasil (LONDE e BITAR, 2011) e a remediação dessas áreas com a utilização de espécies vegetais, além do efeito visual positivo e protetor, é geralmente uma exigência legal e um compromisso social que precisam ser executados, criando uma enorme demanda tecnológica, oportunidades de pesquisa científica [...] (LONDE e BITAR, 2011).

Nascimento de Oliveira (2004) lembra que a revegetação de um aterro é a alternativa mais barata de recuperação de área degradada e, na atualidade, existe uma grande demanda por áreas verdes nas cidades. Assim sendo, resultados que apontem desenvolvimento satisfatório dos cultivos escolhidos podem significar o início de um processo de sucessão ecológica para coberturas de aterros, onde o solo passará, aos poucos, a favorecer o desenvolvimento de espécies superiores e mais exigentes, justificando, portanto, esse tipo de investigação.

Por fim, se as emissões de gases pela cobertura dos aterros sanitários reduzirem-se em função das alternativas de cultivos testadas, esta seria uma contribuição essencial para a redução do efeito estufa antropogênico proveniente destes equipamentos de destinação final.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Estudar o comportamento de gramíneas na superfície dos aterros sanitários visando a redução das emissões de metano e dióxido de carbono e a produção de biomassa vegetal.

1.3.2 Específicos

Estudar a capacidade de sobrevivência e desenvolvimento de gramíneas em solo de cobertura de uma Célula Experimental (CE) de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Determinar as principais características morfogênicas, estruturais, produtivas e nutricionais da grama (Bermuda) e dos capins (Andropogon, Massai, Buffel, Mombaça) para avaliar sua sobrevivência e desenvolvimento sobre solo típico de aterros sanitários.

Determinar, experimentalmente, as concentrações e os fluxos (mássico e volumétrico) dos gases CH₄ e CO₂ na camada de cobertura convencional da CE (solo natural), comparativamente aos resultados das camadas cultivadas.

Avaliar comparativamente as reduções das emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera para diferentes gramíneas plantadas em solo de cobertura de aterro sanitário.

Apresentação

Este capítulo aborda, com base na literatura, os aspectos gerais da digestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nos aterros sanitários. Discute os processos isolados e combinados que antecedem a formação dos gases nas áreas de disposição. Apresenta alguns resultados das previsões de geração de gases de aterro em diversos países, bem como relata o amplo intervalo (mínimo e máximo) de emissão de gás de aterro por processos de percolação nas camadas de cobertura. O capítulo é encerrado com uma discussão sobre a importância da revegetação dos aterros, seus métodos, experiências práticas, desafios e potencialidades dos cultivos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mecanismos e Processos da Geração e Composição dos Gases em Aterros Sanitários

A disposição e o confinamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nos aterros sanitários permitem a instalação dos mecanismos físicos, químicos e biológicos envolvidos na degradação aeróbia e anaeróbia, gerando inevitáveis resíduos em sua maioria nos estados líquido e gasoso.

A digestão aeróbia ocorre quando há influência da atmosfera sobre os RSU, pois a camada de cobertura ainda não foi executada, e os componentes orgânicos passam por reações bioquímicas que resultam em dióxido de carbono e vapor de água.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2000), a digestão aeróbia é um processo breve, durando de alguns dias a aproximadamente um mês em aterros rasos com profundidade de até 3,0m. Já a International Solid Waste Association - ISWA (2010) defende que a decomposição aeróbia pode durar seis ou mais meses, dependendo do contato dos resíduos com o ar da superfície do aterro.

Para Pacheco (2004), se o ar atmosférico (ou oxigênio puro) for borbulhado para o interior do aterro, a digestão aeróbia pode se prolongar por um período maior e grandes

quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e hidrogênio (H_2) são produzidas, principalmente se o aterro estiver seco.

A digestão anaeróbia, por sua vez, é iniciada quando não há mais oxigênio no interior da célula de resíduos sólidos. Existem várias descrições dos processos envolvidos na digestão anaeróbia dos RSU em aterros sanitários (PESSIN *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2002; CASTILHOS JÚNIOR, GOMES e PESSIN, 2003; ARAÚJO, 2001; CETESB⁶, 2006; USACE⁷, 2008; ISWA, 2010) que permitem entender que ocorre, em linhas gerais, hidrólise da matéria orgânica complexa em moléculas solúveis, conversão dessas moléculas em ácidos orgânicos mais simples, dióxido de carbono e hidrogênio, e finalmente, formação do metano a partir da decomposição dos ácidos ou redução de dióxido de carbono com o hidrogênio.

Assim, inúmeros processos isolados e combinados antecedem a formação dos gases nas áreas de disposição de RSU. Para a USACE (2008), o mecanismo de formação de gases em aterros é regido por reações químicas, processos de volatilização e decomposição biológica, assim descritos:

As reações químicas entre os materiais que compõem os resíduos ocorrem pela presença de água, sendo imprevisíveis as reações que podem ocorrer em função da diversidade de compostos. A volatilização ocorre até que se estabeleça um equilíbrio químico dentro do aterro e a taxa na qual os compostos se volatilizam depende de suas propriedades físicas e químicas. A decomposição biológica ocorre em fases através dos mecanismos aeróbios e anaeróbios. O calor gerado a partir dos processos biológicos tende a acelerar a taxa de reação química e volatilização. (USACE, 2008, p.2).

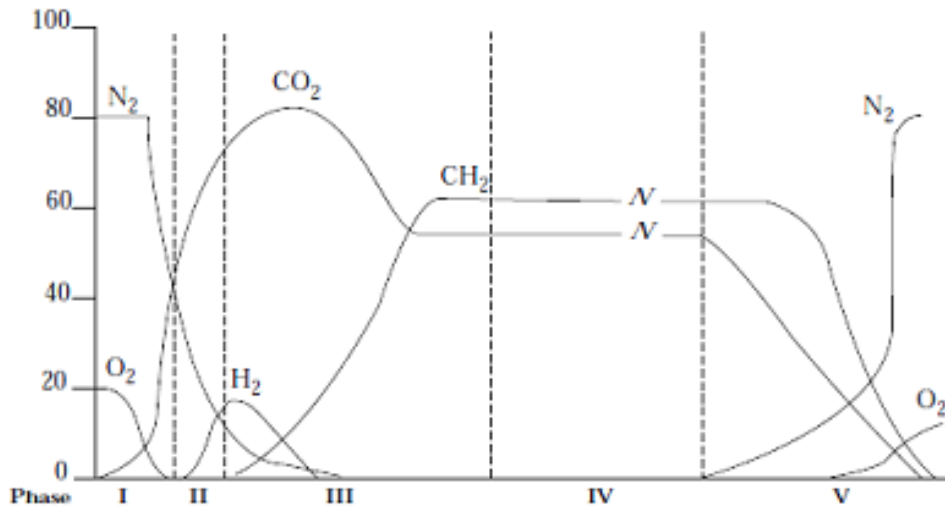
Algumas publicações (TCHOBANOGLIOUS, THESSSEN e VIGIL, 1994; ATDRX⁸, 2001; USACE, 2008; USEPA, 2009) descrevem a geração de gases em aterros sanitários por meio de um diagrama de fases, a exemplo do apresentado por Johannessen (1999) na Figura 1.

⁶ CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

⁷ USACE - United States Army Corps of Engineer

⁸ ATDRX - Agency for Toxic Substances & Disease Registry

Figura 1 - Modelo ideal de geração de gases de aterros sanitários



Fonte: Johannessen (1999)

Desses autores entende-se, resumidamente, que:

1ª Fase (**Ajuste inicial**): os resíduos são depositados no aterro e sua fração biodegradável sofre decomposição biológica aeróbia. A fonte principal de microrganismos é o solo ou lodo de estações de tratamento ou a recirculação do lixiviado⁹.

2ª Fase (**Transição**): decrescem os níveis de oxigênio e começa a fase anaeróbia. O nitrato e o sulfato podem servir como receptores de elétrons em reações de conversão biológica e os microrganismos iniciam a conversão do material orgânico complexo em ácidos orgânicos e outros produtos intermediários. Há elevação das concentrações de CO₂ dentro do aterro.

3ª Fase (**Ácida**): há conversão microbiológica dos compostos da etapa anterior em compostos com baixa massa molecular, como o ácido acético. O dióxido de carbono é o principal gás gerado e também serão produzidas quantidades menores de hidrogênio.

4ª Fase (**Metanogênica**): predominam microrganismos estritamente anaeróbios que convertem ácido acético e gás hidrogênio em CH₄ e CO₂. A formação do metano e dos ácidos prossegue, simultaneamente, embora a taxa de formação dos ácidos seja reduzida.

⁹ Os lixiviados são definidos como os líquidos provenientes de três fontes principais: umidade natural dos resíduos sólidos, água de constituição dos diferentes materiais que sobram durante o processo de decomposição e líquido proveniente de materiais orgânicos pelas enzimas expelidas pelas bactérias (REICHERT, 2000 *apud* CASTILHOS JÚNIOR, GOMES e PESSIN, 2003).

5ª Fase (**Maturação**): a umidade continua migrando pela massa de lixo e porções de material biodegradável até então não disponíveis acabam reagindo. A taxa de geração do gás diminui consideravelmente, pois a maioria dos nutrientes disponíveis foi consumida nas fases anteriores e os substratos que restam no aterro são de degradação lenta. Dependendo das medidas adotadas no fechamento do aterro, pequenas quantidades de nitrogênio e oxigênio podem ser encontradas.

Em função dessas fases, a velocidade e o volume da produção de gases, bem como sua composição, são específicos de cada aterro e ao mesmo tempo diferentes em cada ponto do aterro. Além disso, Castilhos Júnior, Gomes e Pessin (2003) lembram que:

Embora essa divisão do processo de digestão anaeróbia em fases facilite bastante o entendimento dos fenômenos de estabilização biológica dos RSU e seus impactos sobre a composição dos lixiviados e emissões gasosas, na prática, durante a vida de um aterro, essas fases não são tão bem definidas (CASTILHOS JÚNIOR, GOMES e PESSIN, 2003, p.33).

A literatura (TCHOBANOGLIOUS, THESSSEN e VIGIL, 1994; JOHANNESSEN, 1999; ATDRX, 2001; EEA, 2004; USEPA, 2005; USACE, 2008) aponta os principais fatores que afetam a geração de gases nos aterros sanitários: composição dos resíduos, tamanho das partículas, temperatura, umidade, pH, geometria, operação, cobertura do aterro e idade dos RSU, etc. Dela entende-se que:

(I) Quanto maior o percentual de materiais biodegradáveis maior a taxa de geração de gases. Já o início e a duração da geração depende da natureza dos materiais dispostos no aterro (altamente degradável, lentamente degradável etc.);

(II) O tamanho das partículas tem relação com a velocidade de degradação, que é maior em resíduos menores, tanto nos processos aeróbios quanto nos anaeróbios;

(III) A temperatura interna e externa dos aterros sanitários tem importante significado no processo de decomposição dos RSU, pois atua na cinética das reações químicas e na atividade dos microrganismos. Geralmente, quanto mais elevada for a temperatura maior será a atividade bacteriana, com limites de tolerância;

(IV) A umidade depende de vários fatores [composição e condições iniciais dos RSU, clima, procedimento de operação do aterro, in(existência) de recirculação de líquidos etc.] e geralmente seu aumento favorece a geração de gases. Se a umidade for muito baixa há grande atraso na decomposição dos RSU, pois ela é transporte difuso de bactérias e nutrientes;

(V) O pH é um importante parâmetro de acompanhamento do processo de decomposição. Inicialmente, o aterro tem um pH ácido que tende a neutralidade quando a fase metanogênica vai predominando e em pH neutro há condição ideal de produção de gás;

(VI) A geometria, operação e cobertura do aterro influencia na produção de gases sob vários aspectos: aterros com altura elevada e com um sistema eficiente de impermeabilização da camada de cobertura fomentam o predomínio de atividade anaeróbia. Da mesma forma, a correta compactação realizada durante a operação do aterro aumenta a densidade dos resíduos, o que propicia o encurtamento da fase aeróbia.

(VII) A idade dos RSU tem influência na qualidade e volume dos gases. Geralmente, resíduos novos geram mais gás e com mais metano enquanto que os resíduos antigos podem ter sua capacidade potencializada através da recirculação dos líquidos percolados no aterro.

A recirculação tem um efeito positivo na formação de CH_4 por aumentar o teor de água, fornecer e distribuir nutrientes e biomassa (ZHANG, HE e SHAO, 2008; ABUSHAMMALA *et al.*, 2010). Além disso, é uma opção complementar de tratamento do lixiviado uma vez que propicia a atenuação de constituintes pela atividade biológica e por reações físico-químicas que ocorrem no interior do aterro. A recirculação diminui também o volume do lixiviado em função da evaporação.

Cabe destacar que os parâmetros até então comentados influenciam não só a geração e composição dos gases, mas também as previsões dos volumes a serem gerados nos aterros sanitários. Assim, inúmeros pesquisadores preveem tais volumes com métodos teóricos que se baseiam em equações de primeira ordem, mas reconhecem as limitações desses métodos, a exemplo dos trabalhos citados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das previsões de geração de gases de aterro encontradas na literatura

Autor/ano	País	Volume/quantidade
Aye e Widjaya (2006)	Indonésia	302 kg de CO ₂ equivalente
Nozhevnikova <i>et al.</i> (1993)	Rússia	1,2 a 2,4 milhões de m ³ de CH ₄ /ano
Samuelsson <i>et al.</i> (2001)	Suécia	49 a 308 kg de CH ₄ /h
Aronica <i>et al.</i> (2009)	Itália	7.519,97 a 10.153,7 m ³ /h de gás de aterro
Cortázar e Monzón (2007)	Espanha	1.437.000 m ³ de gases de aterro/ano
Jingura e Matengaifa (2009)	Zimbabué	7.923.712 - 35.656.704 de m ³ de gás/ano
Braeutigam <i>et al.</i> (2009)	Chile	70 milhões de m ³ de gás/ano
Chiemchaisri, Juanga e Visvanathan (2007)	Tailândia	115,4 a 118,5 Gg de CH ₄ /ano
Al-Ghazawi e Abdulla (2008)	Jordânia	46,2 e 27,7 Gg de CH ₄ /ano
Tsatsarelis e Karagiannidis (2009)	Grécia	2 mil toneladas de CH ₄ /ano
Ensinas (2003)	Brasil	1.649,70 Nm ³ /h de biogás
Pierobon (2007)		7.000 tonelada de CH ₄ /ano

OBS: Algumas estimativas feitas pelos autores consideraram uma única área de disposição de RSU enquanto outras consideraram várias. Alguns estudaram isoladamente os aterros sanitários enquanto outros estudaram todas as opções de disposição sobre o solo.

Fonte: elaborado pelo autor (2012)

El-Fadel, Findikakis e Leckie (1997) resumiram o potencial de influência da maioria dos fatores discutidos nessa seção na geração de gases, permitindo a consolidação da Tabela 2.

Tabela 2 - Influência dos principais parâmetros na geração de gases de aterro sanitário

Parâmetros	Potencial de Favorecimento ou Inibição		
	baixo	médio	alto
composição do lixo			
densidade			
tamanho das partículas			
temperatura			
pH			
nutrientes			
bactérias			
umidade			
oxigênio			
hidrogênio			
sulfato			
tóxicos			
metais			

Fonte: El-Fadel, Findikakis e Leckie (1997)

Como se observa, enquadram-se como *baixo potencial de favorecimento*: densidade, tamanho das partículas, nutrientes, bactérias e hidrogênio; *médio potencial de favorecimento*: composição do lixo, temperatura e pH; *alto potencial de favorecimento*: umidade. Quanto a inibição da geração de gases, os autores referem-se a sulfatos e metais (baixa inibição), tóxicos (média) e oxigênio (alta).

Como já se sabe, parte dos gases gerados nos aterros sanitários escapa para a atmosfera por processos de percolação nas camadas de cobertura, como será discutido no item seguinte.

2.2 Estudos sobre Emissões de Gases de Aterro em Camadas de Cobertura

As emissões de gases por processos de percolação nas camadas de cobertura parecem representar um problema de poluição difusa comum a maior parte das áreas de disposição de RSU dos países.

Marion e Peter (1998) realizaram um estudo com o objetivo de escolher o melhor formato de uma camada de cobertura para fins de oxidação do metano em um aterro da região baixa da Áustria. Os autores relataram que o metano do aterro é drenado para mover um motor a gás e, mesmo assim, há perdas pelas camadas de 0,1 - 0,4 m³/m²/h, considerando os ensaios realizados com câmaras estáticas de 2,25 m².

Park e Shin (2001) estudaram a emissão de gases pela superfície de um aterro da Coreia do Sul com câmaras de 1.256 cm² e verificaram fluxo de CH₄ variando entre 0,0055 e 0,5477 m³/m²/h no inverno e entre 0,0416 - 2,4137 m³/m²/h no verão. Quanto ao CO₂, os autores mediram fluxo variando entre 0,0136 e 0,5172 m³/m²/h no inverno e entre 0,0121 - 2,639 m³/m²/h no verão. Conforme os autores, até 30% dos gases gerados no aterro estudado pode fugir pela superfície caso não seja implantado um sistema de extração forçada com sopradores.

Ensinas (2003) determinou o vazamento de gases pela superfície do aterro sanitário Delta A (Campinas - SP) usando uma peça de coleta de gás conectada a um medidor de vazão. A peça de alumínio, de 610 x 410 x 80 mm, foi enterrada 40 mm na superfície do

aterro e ligada a um bolhometro de 10 mL. O autor realizou medições em 05 partes do aterro. A fuga pela camada de cobertura (sem trincas) foi de $0,0057 \text{ Nm}^3/\text{m}^2/\text{dia}$.

Maciel (2003) desenvolveu um trabalho cujo objetivo principal foi avaliar o comportamento geotécnico da camada de cobertura do aterro experimental da Muribeca (PE) no que se refere à percolação e emissão do gás. O autor utilizou detector de gás, manômetro, termômetro e placas de fluxo de $0,16 \text{ m}^2$, constatando fluxo de CH_4 variando entre $1,2$ e $4,2 \times 10^{-3} \text{ g/m}^2/\text{s}$.

Laurila *et al.* (2006) estudaram os fluxos de gases pelas camadas de cobertura de três aterros sanitários da Finlândia (Ämmässuo, que possui 50 hectares (ha); Kiimassuo - 5 ha; Seutula - 16 ha). Os autores observaram fluxos médios de $74 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{h}$ de CH_4 no primeiro aterro, que está em atividade e com resíduos recentes; $15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{h}$ de CH_4 no segundo aterro, que está ativo e possui camada de cobertura complementar de composto; $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{h}$ de CH_4 no terceiro aterro, que está inativo.

Milke, Holman e Khire (2006) estudaram os fluxos de gases pelas camadas de cobertura de um aterro da Nova Zelândia (Christchurch). Os autores mediram os fluxos de CH_4 variando entre $0,020 - 0,095 \text{ g/m}^2/\text{min}$ a 38 metros (m) de um poço de extração, menor que $0,005 \text{ g/m}^2/\text{min}$ a 62m do poço e entre $0,375$ e $1,49 \text{ g/m}^2/\text{min}$ a 120m do poço de extração.

Stern *et al.* (2007), antes de aplicar uma cobertura biologicamente ativa sobre a camada de um aterro sanitário da Flórida (Estados Unidos), verificaram, após 34 ensaios na cobertura com placa estática, fluxo médio de $18,1 \text{ g/m}^2/\text{h}$ de CH_4 . Com a disposição de uma camada de 50 cm de espessura à base de resíduos de compostagem sobre a cobertura convencional, os autores verificaram uma emissão 10 vezes menor de CH_4 .

Scheutz *et al.* (2008), estudando emissões atmosféricas no solo de cobertura do aterro Grand'Landes (oeste da França) com câmaras estáticas de 1.217 cm^2 cravadas a 4,5 cm na cobertura, encontraram fluxo máximo de $29 \text{ g/m}^2/\text{d}$ de CH_4 e traços de compostos orgânicos não-metano. Segundo os autores, além do metano e do dióxido de carbono, o gás de aterro pode conter mais de 200 compostos orgânicos, incluindo alcanos, aromáticos,

hidrocarbonetos, embora todos estes sejam vestigiais, ou seja, formem até 1% (v/v) do gás de aterro.

Jha *et al.* (2008), estudando emissões de GEE em um aterro da cidade de Chennai (Índia) durante duas campanhas de campo (dezembro de 2003 e setembro de 2004), verificaram fluxo de CH₄ variando entre 1,0 e 23,5 mg/m²/h, fluxo de CO₂ variando entre 39,0 e 906 mg/m²/h e fluxo de N₂O variando entre 6,0 e 460 µg/m²/h.

Georgaki *et al.* (2008), avaliando o uso da técnica da resistividade elétrica acoplada a câmaras estáticas de 29,54 litros nas estimativas de emissões de CH₄ e CO₂ em cinco pontos da superfície de um aterro existente na ilha de Creta (sul da Grécia), verificaram fluxo máximo de 17 g/m²/h de CH₄ e de 33 g/m²/h de CO₂. Conforme os autores, a principal razão para os baixos valores encontrados foi a elevada idade de aterramento dos resíduos, além das condições do solo empregado na cobertura e o acúmulo superficial de chorume (ou água precipitada).

Fernandes (2009) desenvolveu um trabalho cujo objetivo foi avaliar a emissão de gás, enfocando o metano, num aterro sanitário experimental instalado numa área da central de tratamento de resíduos sólidos da BR-040, região noroeste de Belo Horizonte. No aterro experimental foram realizados 15 ensaios na camada de cobertura, que resultaram no diagnóstico de fluxos de CH₄ variando entre 23,24 e 337,67 g/dia/m² e o fluxo de CO₂ variando entre 29,09 e 233,24 g/dia/m².

Berto Neto (2009) desenvolveu um trabalho cujo objetivo foi estudar as emissões fugitivas de CH₄ e CO₂ em lixões e aterros sanitários no estado de São Paulo, considerando o ar ambiente, a interface solo-ar e os dissipadores verticais. As áreas estudadas foram Araraquara, Brotas, Campinas, Jaú, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, São Carlos e no aterro Bandeirantes (SP). O autor identificou o menor fluxo de CH₄ pela camada de cobertura na área de Ribeirão Bonito (5,66 g/m²/d) e o maior fluxo no aterro Bandeirantes (148,20 g/m²/d). Quanto ao CO₂, o menor fluxo foi em Brotas (17,78 g/m²/d) e o maior fluxo em Campinas (223,04 g/m²/d).

Johnsson (2010) avaliou os fluxos de gases pela camada de cobertura de três aterros sanitários da Suécia (Lassabacka, Härlövs ängar e Onsjö) com câmaras de 0,09 m².

Foram observados fluxos médios de 0,06 g/m²/h para o CH₄ e 1,26 g/m²/h de CO₂ no primeiro aterro (que mede 18 hectares, tem aproximadamente 1,1 milhões de toneladas, foi inaugurado em 1962 e encerrado em 1979), fluxos médios de 0,0004 g/m²/h de CH₄ e 4,45 g/m²/h para o CO₂ no segundo aterro (que mede 56 hectares, tem aproximadamente 1,0 milhão de toneladas, foi inaugurado em 1960 e encerrado em 2002), e fluxos médios de 0,0015 g/m²/h de CH₄ e 2,93 g/m²/h de CO₂ no terceiro aterro (que mede 4,5 hectares, tem aproximadamente 216 mil toneladas, foi inaugurado em 1955 e encerrado em 1976).

Mariano e Jucá (2010) desenvolveram um trabalho cujo objetivo foi determinar as emissões de gás através das camadas de cobertura da Célula 1 do aterro de resíduos sólidos de Aguazinha, Olinda (PE). Os autores utilizaram placa de fluxo estática em 19 locais do aterro e constataram fluxo de CH₄ variando entre 7 e 146 kg/m²/ano.

No estudo de Capaccioni *et al.* (2011) as emissões de gases pela camada de cobertura de um aterro sanitário existente em um distrito da cidade de Fano (Itália), após realização de 1183 medições pontuais com placa estática entre 2005 e 2009, foram de 3,8 g/m²/d para o CH₄ e de 13,1 g/m²/d para o CO₂.

Nava-Martinez, Garcia-Flores e Wakida (2011) determinaram as emissões na superfície de um antigo lixão existente em Tijuana (México), com placa estática em seis amostragens realizadas durante fevereiro de 2006 e junho de 2007 em oito locais cada. Os autores encontraram fluxo de CH₄ variando entre 0,17 e 2441,81 g/m²/h e associaram essa grande variabilidade às fissuras existentes no terreno.

Como se observa, condições muito particulares a cada local estudado devem determinar o fluxo dos gases pelas camadas de cobertura.

2.3 Revegetação e Recuperação Paisagística de Aterros Sanitários

Os aterros sanitários são empreendimentos com vida útil limitada e após seu encerramento devem receber adequado monitoramento geotécnico e ambiental, além de medidas que os reaproximem visualmente da paisagem natural vizinha.

Para Freitas Magalhães *et al.* (2005), boa parte dos aterros não possui cobertura vegetal, causando grandes transtornos à população que tenha acesso direto e indireto. Dentre esses efeitos negativos tem-se a suspensão de partículas de solo, surgimento de processos erosivos e, conseqüentemente, a exposição da massa de resíduos contribuindo para o vazamento de lixiviados e gases.

A implantação de cobertura vegetal sobre aterros sanitários é uma das importantes medidas de reintegração da área a paisagem local, sendo uma prática recomendada em alguns planos de recuperação ou no processo de licenciamento ambiental (ANDRADE e MAHLER, 2000; TEIXEIRA, FRANÇA e LACERDA, 2006; SÃO CARLOS, 2008).

Para Londe e Bitar (2011), o uso da cobertura vegetal nas camadas de cobertura final de aterros sanitários, como medida mitigadora dos impactos ambientais, poderá ser uma opção coerente, prática e econômica, embora apresente dificuldades de adaptação em função das características geométricas da área (declividade do terreno) e da composição física e química do substrato.

Nesse mesmo sentido, Einloft *et al.* (1997) *apud* DE SOUZA (2007) afirmam que revegetar um aterro sanitário não é tarefa simples, pois há deficiência de nutrientes, alta declividade, e dificuldade em selecionar espécies e métodos para a revegetação. Além desses aspectos, as áreas que receberam RSU geralmente perderam solo, vegetação e fauna e os distúrbios sofridos em função das atividades de recebimento e armazenamento de resíduos impedem a regeneração natural da área (DE SOUZA, 2007), sendo fundamental a atuação humana no processo de recuperação ambiental.

Para Magalhães (2005), a reabilitação ambiental de um aterro envolve fatores dependentes de características biológicas, climáticas e ambientais intrínsecas ao local de estudo. Assim, é necessário conhecer as espécies vegetais que podem ser incluídas, visando adequá-las corretamente no local onde serão implantadas.

Para a USEPA (2010), o material de cobertura final deve ser adequado em relação aos parâmetros agronômicos mínimos, já que as gramíneas, apesar de muito adaptáveis, crescem melhor em solos moderadamente drenados, com pH superior a 5,5 e níveis médios de fósforo e potássio. Ainda segundo a publicação, a mistura de sementes e as

taxas de semeadura podem e devem ser ajustadas para as condições específicas do local, sendo importante considerar na escolha das espécies sua tolerância à contaminação química dos solos provocada pelos resíduos.

As técnicas mais utilizadas para a recuperação de taludes de aterros sanitários são, conforme Einloft *et al.* (1997) *apud* DE SOUZA (2007): *método de placas de grama, plantio em covas, hidrossemeadura, semeadura a lanço, sacos de aniagem e plantio em covas*. Ainda segundo os autores, para a implantação das espécies será necessário um estudo da flora da região, dando continuidade a fisionomia da vegetação local.

Entende-se dos vários autores revisados por Londe e Bitar (2011) que:

(I) O *método de placas de grama* é empregado para revestir taludes de cortes e aterros quando se deseja obter uma rápida proteção já que as placas constituem-se de uma porção de terra com gramíneas enraizadas e sua implantação é realizada normalmente sobre uma delgada camada de solo fértil, colocada uniformemente sobre a superfície do talude.

(II) A técnica de *plantio em covas* consiste no preparo do solo para a distribuição das plântulas. Como vantagens deste método, ressaltam-se a economia para as pequenas áreas, a utilização de mão-de-obra não especializada e o favorecimento da entrada de novas espécies, conferindo uma maior biodiversidade - principalmente quando existirem áreas próximas potencialmente fornecedoras de propágulos - garantindo maior autossustentabilidade do sistema. Como desvantagens, destacam-se o aporte considerável de recursos para grandes áreas, o que muitas vezes a torna inaplicável e o baixo rendimento em áreas íngremes e riscos operacionais.

(III) O processo de *hidrossemeadura* consiste em um método mecanizado, que por uma via aquo-pastosa recobre o talude com um coquetel de sementes e outros materiais que induzem a fixação das sementes ao solo, favorecendo o estabelecimento e o crescimento das plantas. O procedimento da hidrossemeadura ocorre por meio de um maquinário especializado, constituído de um tanque com pás giratórias num eixo horizontal e moto-bomba para aplicação. As misturas utilizadas são constituídas pelos seguintes materiais: corretivos de pH do solo, adubos químicos e orgânicos, celulose ou papelão picado para manter a suspensão

homogênea e após a aplicação conservar a umidade, adesivo específico para fixar as sementes de gramíneas e leguminosas, e celulose.

(IV) Na *semeadura a lanço* as sementes são espalhadas no terreno, manual ou mecanicamente, e incorporadas superficialmente ao solo por meio de grade. A semente deve ficar ao redor de 3 cm de profundidade. As vantagens da *semeadura a lanço* são a rapidez e a economia; no entanto, a *semeadura* é irregular, e a emergência, desuniforme.

(V) O plantio em *sacos de aniagem* ou aplicação de “sacos verdes” consiste em uma técnica que facilita a introdução de vegetação rasteira e arbustiva em taludes íngremes de corte. São utilizados sacos de aniagem preenchidos com uma mistura de sementes, capim picado, substrato e fertilizantes. Após o enchimento dos sacos eles são fechados e fixados nos taludes por meio de grampos de aço ou estacas de bambu ou madeira. A germinação das sementes começa a ocorrer após o terceiro dia da colocação dos sacos no campo. As raízes começam a penetrar no talude favorecendo a fixação definitiva das plantas, promovendo boa revegetação.

(VI) A técnica de *plantio em covas* consiste no preparo do solo para a distribuição das plântulas. Como vantagens deste método, ressaltam-se a economia para as pequenas áreas, a utilização de mão-de-obra não especializada e o favorecimento da entrada de novas espécies, conferindo uma maior biodiversidade - principalmente quando existirem áreas próximas potencialmente fornecedoras de propágulos - garantindo maior autossustentabilidade do sistema. Como desvantagens, destacam-se o aporte considerável de recursos para grandes áreas, o que muitas vezes a torna inaplicável; e o baixo rendimento em áreas íngremes e riscos operacionais.

Para Alberte, Carneiro e Kan (2005) a medida que sejam identificadas células de lixo a serem encerradas, os taludes e patamares do aterro devem, em toda a sua extensão, ser cobertos imediatamente por vegetação adequada.

Griffith *et al.* (1994) *apud* MEINERZ *et al.* (2009) defendem que a implantação de um estrato arbustivo vigoroso é o primeiro passo para se atingir bons resultados em longo prazo e a consequente estabilização ecológica do local. O estrato implantado deve ser autosustentável e conseguir dar suporte as futuras “ilhas de vegetação arbórea” que serão pontos de dispersão de propágulos, compostas por árvores de alto poder de regeneração

natural e com algum atrativo a fauna silvestre, principalmente a ornitofauna, de modo a induzir a sucessão natural da área. Além disso, a USEPA (2010) recomenda que durante o período de estabelecimento, o local deve ser gerenciado quanto ao controle e eliminação de espécies invasoras.

Algumas experiências com revegetação de áreas de disposição de RSU são encontradas na literatura:

(I) Beli *et al.* (2005), ao avaliarem a recuperação da área do antigo lixão do município de Espírito Santo do Pinhal (SP) quatro anos após a sua desativação, observaram a presença de árvores frutíferas como a bananeira (*Musa spp*), mamoeiro (*Carica papaya* L.), goiabeira (*Psidium guajava* L.) e outras que permitem o repovoamento de pássaros e animais característicos da região. Segundo os autores, nasceram também árvores nativas como a fixeira (*Schizolobium parahyba*), o capim elefante (*Pennisetum purpureum*), o capim colônio (*Panicum maximum*) e a mamona (*Ricinus communis* L.);

(II) Teixeira, França e Lacerda (2006) relatam que a primeira etapa das obras do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) da vertente esquerda do aterro municipal de Juiz de Fora (MG) se deu com a conformação da camada final de confinamento dos resíduos e com a cobertura vegetal por meio de sementes e grama em placas, fazendo-se a recomposição das mesmas nos locais onde não houve o crescimento de vegetação;

(III) Meinerz *et al.* (2009) afirmam que o antigo lixão de Toledo (PR) foi transformado em aterro sanitário, sendo rotina no novo empreendimento os processos de compactação e cobertura diária dos RSU, além da colocação de cobertura vegetal rasteira adequada e definitiva com o objetivo de conter processos erosivos, evitar a exposição de materiais contaminantes e a propagação de vetores, assim como estabelecer um cinturão verde que sirva de barreira vegetal e melhore o seu aspecto estético;

(IV) Pereira *et al.* (1999) se reportam ao processo de revegetação do aterro sanitário de Maricá (RJ), quando 8700 m² foram arborizados e 4500 m² foram gramados, após seleção das espécies estabelecida por critérios específicos e interdependentes, baseados em suas características intrínsecas (folhagem, floração, frutificação, caule, copa etc.), funcionais (forma espacial, de revestimento etc.) e complementares (adaptabilidade, etc.);

(V) Nascimento de Oliveira (2004), ao examinar os estudos ambientais dos aterros sanitários de Campinas, Holambra, Paulínia e Vinhedo (SP) e realizar visitas técnicas, observou revegetação em áreas situadas próximas aos aterros, com mudas de eucaliptos e árvores nativas, viveiros de produção de mudas no próprio local e “cortina vegetal” mitigadora do impacto visual. Ainda segundo o autor, os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento não exigem a apresentação de projetos de uso futuro da área, apenas gramínea como revegetação;

(VI) Carneiro e Irgang (1998), estudando a flora de um aterro encerrado da zona norte de Porto Alegre (RS), encontraram espécies que tiveram seus diásporos transportados provavelmente junto com o material de aterro, espécies provenientes dos remanescentes de vegetação natural vizinhos e espécies cujos diásporos foram transportados de locais mais longínquos através do vento, pessoas e veículos. Os autores encontraram ainda a *Cynodon dactylon* (grama bermuda) cobrindo 41,69% da área do aterro;

(VII) Jorge, Baptisti e Gonçalves (2004) relatam que, entre os serviços básicos de conservação e manutenção de um aterro encerrado, deve ocorrer a implantação e conservação do revestimento vegetal das superfícies do aterro. Os autores citam o caso do plantio de gramas em placas realizado no aterro sanitário Vila Albertina (SP);

(VIII) Rodrigo Lima *et al.* (2009), com o objetivo de avaliar o processo de regeneração natural da vegetação do entorno de um aterro sanitário no município de Fernandes Pinheiro (PR), encontraram na composição florística a ocorrência total de 312 indivíduos, distribuídos em 22 gêneros, 30 espécies e 14 famílias, com bom potencial de regeneração.

Londe e Bitar (2011) explicam que a cobertura vegetal contribui para limitar a propagação dos gases e compensar parte dos prejuízos sofridos pela população durante o período de operação do aterro.

A vegetação entra como um importante agente de impedimento físico à ação dos processos erosivos sobre os taludes, impedindo a ação direta da chuva sobre o solo através da folhagem e dos resíduos vegetais que formam uma camada protetora que acaba por absorver o impacto da chuva [...] e ainda promovem a manutenção da umidade do solo (GOMES e SILVA, 2002 *apud* MANHAGO, 2008, p.8).

Para Angelis Neto, Angelis e Oliveira (2004):

[...] por ocasião da escolha das espécies, é importante considerar que existem três grandes grupos nos quais se pode enquadrar a maior parte da vegetação: o grupo das arbóreas, o das arbustivas e da vegetação ervada. A ervada (gramíneas e leguminosas) atua na camada de 5 a 25 cm, protegendo o solo da erosão e atuando na formação de húmus, além de implantar-se rapidamente. A arbustiva liga as camadas do solo a uma espessura de 1,0 a 1,5m e a arborescente, pela importância das raízes, permite a coesão das camadas de solos em profundidade. O ideal seria utilizar equilibradamente os três tipos de vegetação. Segundo este mesmo autor a escolha das espécies deve levar em consideração: tipo de solo, condições climáticas, dispensar operações de manutenção, rusticidade, vigor, elevado potencial de dispersão, ocorrência natural na região, sistema radicular, heterogeneidade das espécies, capacidade para associação com micorrizas, alta capacidade para reciclar nutrientes (ANGELIS NETO, ANGELIS e OLIVEIRA, 2004, p.12).

O processo de revegetação de aterros sanitários pode definir diferentes alternativas de reutilização futura dessas áreas. Volpe-Filik *et al.* (2007), a partir de um estudo de caso realizado junto ao aterro sanitário de Sapopemba (SP), defendem a criação de parques urbanos em aterros sanitários desativados. Segundo os autores, a área desativada, por meio de um abaixo-assinado, foi transformada em área de lazer, centro olímpico e parque e vem sendo utilizada pela população das mais diferentes maneiras.

Na cidade de São Paulo, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente com a colaboração do Departamento de Limpeza Urbana realizou um levantamento sobre a viabilidade ambiental da implantação de parques/áreas verdes em seis aterros encerrados (SCHUELER e MAHLER, 2009) e conforme Barros, Jardineiro e Bitencourt (2011) a reutilização dos antigos aterros no município está prevista no Plano Diretor Estratégico (Lei 13.430/02) e nos Planos Regionais Estratégicos (Lei 13.885/04) e pelo fato dessas extensas áreas estarem situadas, na sua maioria, nas zonas periféricas - onde há carência de espaços públicos e de lazer - deverão ser incorporadas ao Sistema Municipal de Áreas Verdes.

Além disso, Hauser, Weand e Gill (2001) lembram que a cobertura vegetal de aterros pode oferecer mais proteção ambiental a um menor custo [...]. Os autores destacam ainda que coberturas vegetais corretamente aplicadas apresentam potencial para um reduzido custo de manutenção em longo prazo.

Conforme Rodrigues Pereira (2006), vários fatores afetam a escolha adequada das espécies para recuperação e proteção ambiental, como se apresenta na Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores determinantes na seleção das espécies

Fatores	Definição e características		
Edáficos	trata-se da adaptação das espécies às condições do local onde será realizada a recuperação ambiental, por isso é necessário conhecer os solos da região, com informações como: pH, fertilidade natural, salinidade, toxidez, textura, drenagem e matéria orgânica.		
Climáticos	torna-se o fator mais importante, porque as condições climáticas não podem ser reproduzidas artificialmente, enquanto que para alguns fatores edáficos é possível. Dentre os fatores climáticos deve-se avaliar: tolerância à seca, à geadas, déficits hídricos da região, precipitação anual, temperaturas médias anuais e umidade relativa.		
Ambientais	Estes fatores são determinados em função da rapidez e segurança da recuperação ambiental, além dos objetivos e exigências legais. Dentre os principais fatores, podemos citar:		
	(I) Longevidade Se o objetivo da proteção é temporário ou definitivo, deverão ser selecionadas espécies anuais, bianuais, perenes, de ciclo curto ou ciclo longo.	(II) Produção de biomassa Deve-se verificar o nível de matéria orgânica no solo, o nível de recobrimento desejado no solo e a profundidade necessária das raízes para a estabilidade dos taludes.	(III) Crescimento e efeitos paisagísticos Há necessidade de obter altas taxas de crescimento dos vegetais, tufo de vegetação, vegetação rasteira, vegetação exótica ou nativa, tipos de raízes, necessidade de manutenção.
	(IV) Fixação de Nitrogênio É necessário o uso de leguminosas, pois a maioria das áreas degradadas apresenta solos estéreis, necessitando de melhorias dos seus níveis de fertilidade.	(V) Palatabilidade da Fauna Dependendo da região, podem ser selecionadas espécies que irão favorecer a fauna, servindo de suprimento alimentar, como frutos, grãos, pastagem.	(VI) Dormência das sementes A utilização de sementes que apresentam dormência, vigor, resistência a pragas e doenças é interessante, pois as germinações poderão ocorrer em épocas diferentes, reduzindo assim a competitividade inicial.
(VII) Biodiversidade É necessário utilizar um grande número de espécies, pois isto contribui para aumentar a biodiversidade, com a atração de pássaros e animais silvestres. É fundamental a escolha de plantas de diferentes portes e a utilização de espécies de gramíneas e leguminosas para manter a biodiversidade e a sustentabilidade da vegetação.			

Fonte: Adaptado de Rodrigues Pereira (2006)

2.3.1 Gramíneas em Cobertura de Aterros Sanitários

As leguminosas e as gramíneas ocupam lugar de destaque entre as espécies utilizadas na recuperação ambiental de aterros sanitários. Conforme Manhago (2008) isso se deve à grande similaridade que ambas possuem em relação às características de interesse:

facilidade de se estabelecerem facilmente em solos cuja constituição química, física e biológica são impróprias para o rápido crescimento e estabelecimento de outras plantas.

As leguminosas, conforme entendido em Rodrigues Pereira (2006), são plantas capazes de fixar nitrogênio no solo e esta fixação biológica é um processo em que o nitrogênio atmosférico é incorporado diretamente nas plantas após ser transformado em amônia. Além disso, as leguminosas apresentam raízes com arquitetura e profundidade que permitem estabilizar solos com pouca estabilidade, por isso têm um papel importante na revegetação de áreas degradadas, principalmente na consorciação com gramíneas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação pela incorporação de nitrogênio.

Conforme entendido em Rodrigues Pereira (2006) as gramíneas apresentam um crescimento rápido, baixa exigência de fertilidade do substrato, alta capacidade de perfilhamento e seu sistema radicular proporciona um melhor suporte mecânico para o talude. Como plantas pioneiras, as gramíneas têm importância fundamental do ponto de vista ecológico, ajudando na recuperação, proteção e revitalização do solo.

As gramíneas de estação quente são mais adaptadas a solos pobres e condições áridas, tornando-se adequadas para sistemas de cobertura de aterros sanitários, bem como para a maioria dos locais contaminados por resíduos (USEPA, 2010). Ainda segundo a USEPA (2010), essas gramíneas adaptam o ambiente para a inclusão de outras espécies e sua biomassa é bem superior a das gramíneas de estação fria, indicando uma maior contribuição para a fertilidade do solo e para o sequestro de carbono.

Einloft *et al.* (1997) *apud* DE SOUZA (2007), ao discutirem a recomposição vegetal de taludes de aterros sanitários, afirmam que em muitos casos uma só espécie não contém todas as características desejáveis, então deve-se optar por aquelas que tenham o maior número de características. De Souza (2007) cita várias espécies, dentre as quais quatro utilizadas nesta pesquisa: *Cynodon dactylon*, *Paspalum notatum*, *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*.

Outras características das espécies estudadas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características das espécies utilizadas

Nome Científico	Nome Popular	Características
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma Bermuda	São próprias para regiões de clima tropical quente e úmido, regiões subtropicais e semi-áridas, não suportando qualquer sombreamento, mesmo os feitos por muros e árvores. Podem ser usadas em áreas extensas, taludes ou em campos esportivos. A semeadura pode ser feita a lanço com 500 - 1000g/100m ² e com a profundidade não superior a 2 cm. É uma grama de folhas lineares, finas, lisas e perenes. Forma colchão denso e macio. Regenera-se muito rapidamente e é resistente a ervas e pragas. Cresce através de rizomas e estolões. Se desenvolve em uma gama variada de solos, dos arenosos aos argilosos e tolera solos com pH entre 5,5 a 7,5.
<i>Andropogon gayanus</i> cv Planaltina	Capim Andropogon	É uma gramínea forrageira, perene, ereta, resistente a seca e ao frio, forma touceira. Tolerar até cinco meses de seca sem prejuízo de crescimento, é tolerante a solos ácidos, argilosos e pobres em nutrientes. Possui sistema radicular profundo, é resistente ao fogo e a pragas. A semeadura pode ser feita a lanço com 20 kg/10.000m ² e com a profundidade não superior a 1 cm. Possui médio porte, folhagem um pouco macia, tem o florescimento aumentado com a elevação da temperatura.
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Capim Buffel	Tem crescimento ereto, forma touceira, apresenta sistema radicular fasciculado e pivotante, tolera o fogo, desenvolve-se em regiões com prolongada temporada de seca. Encontra-se em muitos tipos de solos, é uma boa gramínea para zonas áridas, é persistente e resistente as condições adversas e doenças. Cresce em áreas pedregosas, não suporta sombreamento. A semeadura pode ser feita a lanço com 10 kg/10.000m ² .
<i>Panicum maximum</i> cv Massai	Capim Massai	A semeadura é feita com 2 kg/10.000m ² a lanço com leve cobertura. É resistente a pragas, persistente a níveis baixos de fósforo, tolerante ao alumínio, resistente a cigarrinha. Possui sistema radicular adaptado ao solo de baixa fertilidade e déficit hídrico, boa resistência ao fogo. Forma touceira, possui folhas finas, tem rápido crescimento com a chegada das chuvas, atinge até 80 cm de altura.
<i>Panicum maximum</i> cv Mombaça	Capim Mombaça	É uma planta cespitosa de ciclo anual, com altura média de 1,5 m, folhas quebradiças, com largura média de 3,0 cm e sem serosidade. Suporte certa condição de acidez e é exigente quanto a fertilidade do solo. Não tolera o fogo, solos mal drenados e o frio. Sensível a cigarrinha e a lagarta do cartucho. A semeadura pode ser feita a lanço com 10 kg/10.000m ² e com a profundidade não superior a 2 cm. Atinge até 2 m de altura, forma touceira, não tolera sombreamento.

Fonte: Baseado em Condé e Garcia (1988), Lauretti (2003), Cavalcante de Oliveira, Silva e Souza (2005), Rodrigues Pereira (2006), Vanzela *et al.* (2006), Veras *et al.* (2010), Leite, Correia e Braz (2010), BRSEEDS (2011a), BRSEEDS (2011b).

A espécie *Cynodon dactylon* (grama Bermuda), segundo Lauretti (2003), é originária do leste da África e após ser introduzida nos Estados Unidos se espalhou para as regiões tropicais e subtropicais. Ainda segundo o autor, no Brasil, a grama Bermuda foi introduzida primeiramente nos campos de golfe, e atualmente já é a principal grama para campos esportivos.

A grama bermuda é considerada uma gramínea de ciclo de verão, com crescimento através de rizomas e estolões. Considerada agressiva, com alta densidade de folhas e muito vigorosa, apresenta um estabelecimento muito rápido. As bermudas possuem uma capacidade de recuperação excelente e aguentam intenso pisoteio, além de possuírem textura de folhas finas e coloração verde escura que predomina na maioria das variedades. A bermuda é uma grama perene com excelente tolerância ao calor e a seca e [...] se desenvolve em uma gama variada de solos e tolera pH entre 5,5 a 7,5 (LAURETTI, 2003, p.3).

As pastagens formadas com grama Bermuda e seus híbridos têm elevada capacidade de recuperação de nitrogênio do solo e a matéria seca produzida é o principal determinante de absorção desse elemento (BRINCK *et al.*, 2003 *apud* SCHEFFER-BASSO *et al.* 2008).

As gramas Bermudas se recuperam muito rápido de perdas (ou podas) de folhas. A alta taxa de crescimento deste gênero, resulta em uma capacidade de altíssima recuperação em áreas marginais ou danificadas por tráfego excessivo (GURGEL, 2003).

A forrageira *Andropogon gayanus* (capim Andropogon) é originária da África Central e é uma gramínea amplamente difundida em áreas com prolongada estação seca e com solos ácidos e de baixa fertilidade (BOGDAN, 1977 *apud* LANA SOUSA, 2009).

Conforme Rodrigues Pereira (2006), o *Andropogon* é ideal para solos de cerrado, fracos e argilosos, que apresentam secas prolongadas. Em decorrência do seu sistema radicular bem profundo sua resistência à secas é alta. Prefere solos bem drenados e vegeta bem em regiões pobres e de pH ácido. Adapta-se a áreas com pluviosidade de 400 a 1.500 mm anuais e cresce vigorosamente até 2,0 m de altura.

O cultivar *Planaltina* possui crescimento cespitoso e apresenta lâminas foliares de pilosidade aveludada e com um estreitamento na base que lhe confere aspecto de falso pecíolo. É adaptado a solos bem drenados, crescendo em solos ácidos, de baixa fertilidade e pobres em fósforo (LANA SOUSA, 2009). Segundo Jones (1979) *apud* LANA SOUSA (2009), esse capim vegeta bem em altitudes inferiores a 2.000m, com precipitação anual acima de 750 mm e estações secas de três meses ou mais.

A espécie *Cenchrus ciliaris* L. (capim Buffel) segundo Edvan (2010) é originária da África, Índia e Indonésia. Foi introduzida no Brasil em 1952 no Estado de São Paulo, do

qual se introduziu no Nordeste e após passar por algumas avaliações iniciais, demonstrou possuir várias características consideradas de importância fundamental para a região Semiárida, tais como: boa capacidade produtiva, resistência a longos períodos de estiagem e a baixos índices pluviométricos (<100 mm anuais), além da capacidade de permanecer no campo, sem se decompor, como acontece com as espécies nativas.

O capim Buffel possui mecanismos de adaptação às condições adversas das regiões semiáridas, podendo, se desenvolver em regiões ao nível do mar ou com alturas de até 2000 m, em regiões secas, com precipitações entre 250-750 milímetros anuais, em solos rasos e de baixa fertilidade. Tais características não prejudicam a produção e o seu valor para pastagens das regiões secas (EDVAN, 2010).

A espécie *Panicum maximum* apresenta elevado potencial para produção de forragem em condições subtropicais e tropicais e, como a maioria das gramíneas introduzidas no Brasil, é uma espécie forrageira originária da África tropical (MARCELINO, 2004, p.4). Porém, práticas inadequadas de manejo e perda de fertilidade dos solos fazem com que haja acentuada degradação dessas pastagens (VALIM PEREIRA, 2009).

De acordo Valim Pereira (2009), a espécie *Panicum maximum* chegou a ocupar área superior a seis milhões de hectares no Brasil e, provavelmente, pela crescente degradação dessas pastagens, principalmente pela falta do manejo aliada à baixa reposição de nutrientes ao solo, essa área decresceu.

A capacidade de utilizar eficientemente altas intensidades de luz associadas com a formação de clareiras na vegetação, desenvolvimento rápido e grande produção de sementes confere às plantas do gênero *Panicum* a classificação de plantas pioneiras (BARROS MORENO, 2004).

A notável adaptação dessas plantas aos tipos de solo e ao clima brasileiros favoreceram a ampla disseminação pelo Brasil. Além disso, atributos como elevadas taxas de crescimento, capacidade de suportar períodos de seca e a boa qualidade da forragem produzida chamaram a atenção de pecuaristas, que passaram a implantar grandes áreas de pastagens com capins do gênero *Panicum* a partir da segunda metade do século XX (ARONOVICH, 1995 *apud* BARROS MORENO, 2004).

Conforme Volpe (2006) o *Panicum maximum* cv Massai é um híbrido que está sendo considerado uma opção forrageira importante para a diversificação das pastagens, especialmente no Cerrado e na região Amazônica. Ainda segundo esse autor, por ser híbrido, provavelmente, é que ele apresenta características distintas dentre os cultivares, tais como diferenças morfológicas acentuadas (folhas finas, menor altura e maior relação folha:caule).

Conforme Volpe (2006) este capim, além de altamente produtivo, apresenta maior tolerância a queda do teor de fósforo e acidez do solo, bem como a outros estresses ambientais a exemplo do déficit hídrico, mas apresenta valor alimentício inferior em relação aos outros cultivares de *Panicum maximum*.

Conforme Jank, Sadivan e Souza (1994), o cultivar Mombaça é uma planta com porte ereto e hábito cespitoso sendo recomendado também para solos de média à alta fertilidade. Suas folhas são longas, quebradiças e sem cerosidade. Conforme Valim Pereira (2009), o cultivar Mombaça é uma planta de porte alto (em torno de 1,7 metro) e com folhas largas (em torno de três centímetros).

Apresentação

Este capítulo descreve a construção e monitoramento da Célula Experimental (CE) de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) objeto de estudo. Apresenta o conjunto de ensaios de campo e laboratório realizados com o solo, os resíduos sólidos, os gases e líquidos (lixiviados). Encerra-se com uma discussão sobre o plantio, crescimento e avaliação das gramíneas cultivadas sobre a cobertura do aterro.

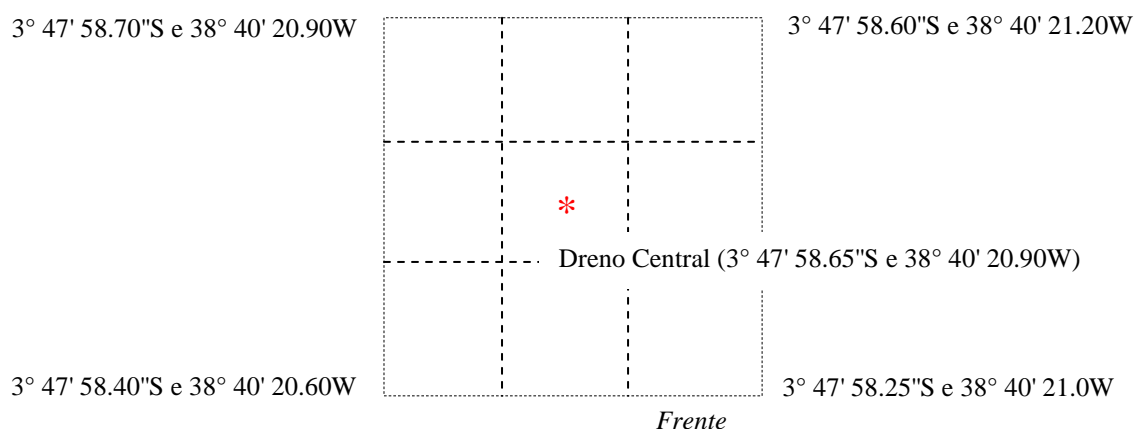
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A Célula Experimental (CE)

3.1.1 Localização

A Célula Experimental (CE) foi construída numa área não utilizada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), que dista aproximadamente 30 km, pelas BR-222 ou BR-020, do centro de Fortaleza. As coordenadas geográficas da CE são apresentadas no esquema elaborado na Figura 2.

Figura 2 - Coordenadas geográficas da CE

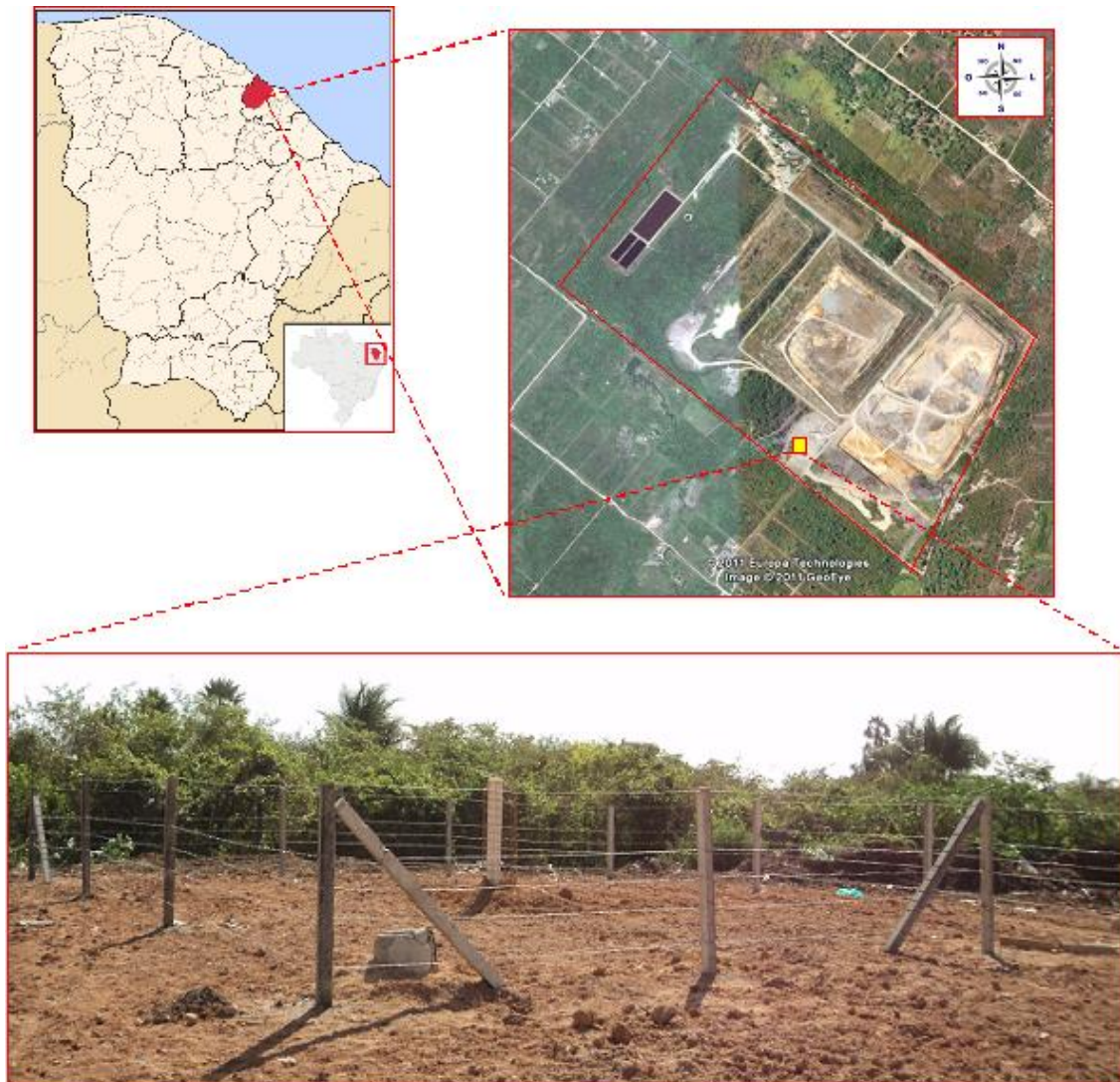


Fonte: do Autor (2012)

O ASMOC começou a operar em 1991, recebendo os resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados no Município de Caucaia, e a partir de 1998, passou a receber os RSU de Fortaleza.

A área total do aterro equivale a 123,20 hectares, sendo 78,47 ha destinados a disposição de resíduos; 32,15 ha de área de preservação ambiental; 7,04 ha de faixa de preservação de contorno; 3,19 ha de sistema viário interno; 2,35 ha de administração, urbanização e estacionamento. Na Figura 3 pode ser observada a exata localização da CE a partir de uma sequencia de imagens: Brasil → Estado do Ceará → Município de Caucaia → ASMOC → CE (destacada em amarelo → vista da célula cercada).

Figura 3 - Localização da Célula Experimental (CE), 2012



Fonte: do Autor (2012)

Diante da rotina do aterro, a escolha do local onde a CE foi implantada teve que atender aos seguintes critérios mínimos: possuir dimensões que permitissem empregar os mesmos equipamentos utilizados no ASMOC (Trator de esteiras Caterpillar D6R de 25 toneladas e compactador 836H, de 55 toneladas), permitir acesso à chegada dos veículos coletores, compactadores de 15 m³, e não interferir na rotina do aterro.

No início deste experimento (agosto/2011), o ASMOC recebia 4.000 toneladas de RSU por dia, sendo aproximadamente 90% proveniente do Município de Fortaleza e 10% do Município de Caucaia. O aterro apresentava, também, com 80% de ocupação. Na Figura 4 pode ser observada uma vista parcial do setor de transbordo do ASMOC, à época.

Figura 4 - Vista geral da frente de serviços do ASMOC, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Em relação à tipologia, 46% (em massa) do que chega ao ASMOC tem origem domiciliar, 17% são provenientes dos pontos de lixo reconhecidos pela Prefeitura, 14% são resíduos da atividade de capina, 11% são resíduos da construção e demolição (utilizado em camadas intermediárias quando a disponibilidade de solo natural encontra-se reduzida), 7% são classificados como resíduos de particulares (supermercados, hotéis, bancos etc.), 3% são resíduos de poda e 2% são resíduos de varrição¹⁰.

¹⁰ Informações disponíveis na cabine de controle do ASMOC

3.1.2 Instalação

A área cedida pela administração do ASMOC para instalação da CE tem 225 m² (15 metros de comprimento por 15 metros de largura) e sua extensão foi definida considerando, exclusivamente, que o aterro deverá encerrar suas atividades em 2013-2014 e que as áreas consideradas aptas a esse tipo de experimento já estavam sendo preparadas para atender a rotina operacional do empreendimento nos próximos anos, a exemplo da trincheira mostrada na Figura 5.

Figura 5 - Vista parcial da preparação da última trincheira do ASMOC, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Para otimizar a ocupação da área cedida para a CE, optou-se pelo método da trincheira, que também trouxe menor custo, maior segurança (pessoal e ambiental) e relativa facilidade de operação. Conforme Gomes e Martins (2003), esse método é adequado para recepção de pequena quantidade de resíduos.

Com o objetivo de aumentar a segurança ambiental da CE, um ensaio SPT (Standard Penetration Test) para reconhecimento do perfil estratigráfico do subsolo e do nível d'água foi realizado pela equipe do Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Na Figura 6 pode ser observada parte do processo de sondagem.

Figura 6 - Vista do processo de realização do ensaio SPT na área da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Na execução da sondagem utilizou-se um tripé com roldana, um martelo de 65 kg, um amostrador padrão do tipo Terzaghi-Peck e hastes de perfuração (Norma Brasileira - NBR 6484/01).

Em função do tamanho da área disponibilizada para a CE e do nível d'água encontrado na área (6,0 m), uma trincheira de 784 m³ (4 metros de profundidade x 14 metros de comprimento x 14 metros de largura) foi aberta com escavadeira hidráulica Caterpillar 320DL, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Vista do processo de abertura da CE com a escavadeira hidráulica, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Na Figura 8 pode ser observada parte da trincheira aberta e na Figura 9 uma vista da rampa externa de acesso à base da CE.

Figura 8 - Vista parcial da CE aberta, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Figura 9 - Vista da rampa externa de acesso a CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Com livre acesso à base da CE, foi possível realizar o nivelamento do solo da camada de base com o trator de esteiras D6R, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Trator de esteiras descendo a rampa para nivelamento da base da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Após essa etapa, três amostras indeformadas do solo e uma amostra deformada foram coletadas para caracterização em relação aos ensaios de granulometria, limites de consistência (liquidez e plasticidade), compactação Proctor Normal e permeabilidade a água.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. Foram supervisionados por técnicos do laboratório e seguiram orientação das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Normas da ABNT referentes a caracterização geofísica do solo

Ensaio		Norma da ABNT/Ano
Granulometria		7181/1984
limites de consistência	liquidez	6459/1984
	plasticidade	7180/1984
compactação Proctor Normal		7182/1984
permeabilidade a água		14545/2000

Fonte: do Autor (2012)

Na Figura 11 pode ser observado parte do processo de coleta e da análise laboratorial das amostras.

Figura 11 - Coleta e análise das amostras da camada de base da CE, 2011

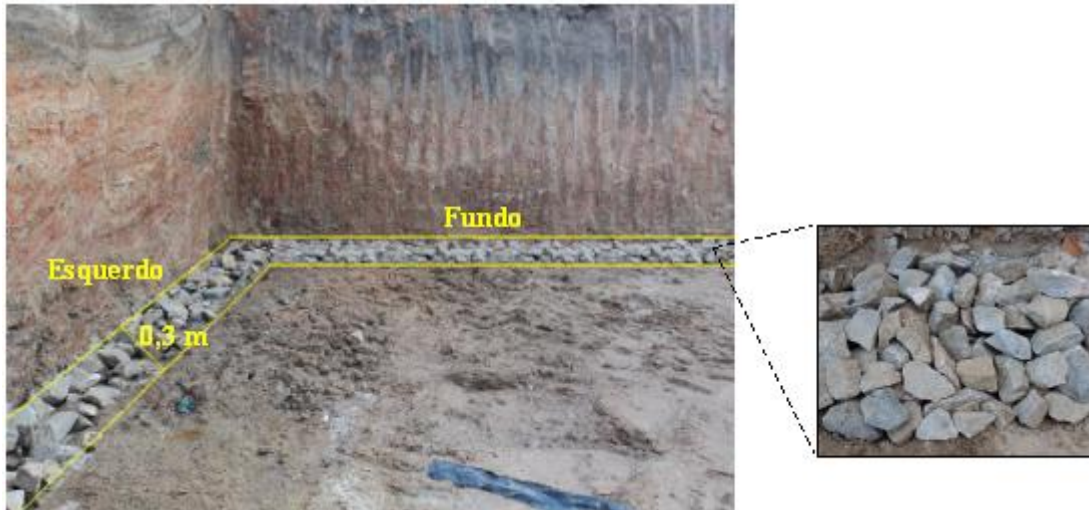


Fonte: do Autor (2012)

Com livre acesso à base da CE, foi possível instalar o sistema de drenagem de líquidos composto por um dreno cego que perfazia o 'fundo' e o lado esquerdo da CE. Para tanto, foi realizada a escavação de uma vala quadrada inclinada (aproximadamente 1,5%) de 0,3m x 0,3m e acomodada brita nº4.

Na Figura 12 pode ser observado o dreno para líquidos.

Figura 12 - Vista parcial do dreno para líquidos da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

No último metro do dreno cego foi acomodada uma canaleta de concreto (de 0,4m de diâmetro por 1 metro de comprimento) sob a brita, para uniformizar o fluxo dos líquidos que, por sua vez, foram destinados a uma manilha de concreto vazada e instalada no subsolo da CE. A proteção mecânica desse sistema foi realizada com a disposição de brita nº5, como se observa na Figura 13.

Figura 13 - Vista do sistema de proteção do dreno para líquidos e vista no nível do terreno, 2011



Fonte: do Autor (2012)

As manilhas de concreto foram sobrepostas até o nível do terreno, funcionando como um poço de coleta, e a partir dessa composição foi possível realizar a coleta das amostras de lixiviado para análise laboratorial. Uma vista do lixiviado coletado durante uma amostragem pode ser observada na Figura 14.

Figura 14 - Vista do lixiviado recém coletado na CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

As amostras de lixiviado foram coletadas, preservadas e encaminhadas para análise físico-química em laboratório especializado (Empresa AMBIENGE) de Fortaleza com frequência bimestral, conforme a American Public Health Association - APHA (2005).

Quanto ao sistema de drenagem de gases, optou-se pela instalação de um único dreno no centro da CE (sistema passivo sem sucção forçada).

Essa modalidade foi escolhida para permitir livre movimentação dos equipamentos do ASMOC (tratores de esteiras, rolo compactador) sobre os RSU da CE, uniformizando a compactação, e também pelo reduzido custo financeiro e operacional.

Para fixação do tubo de PVC reforçado, de 200 mm de diâmetro, procedeu-se uma escavação circular no centro da camada de base de 40 cm de profundidade por 50 cm de diâmetro.

Em seguida, o PVC, previamente vazado a cada 20 cm, foi colocado no local escavado, envolvido por brita nº4 contidas por duas voltas de uma tela metálica (com quadrados de 10 cm x 10 cm) semelhante à usada na construção civil.

Na Figura 15 podem ser observados esses componentes.

Figura 15 - Vista parcial do PVC perfurado e do dreno vertical da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Para finalizar a preparação da CE foi realizado o espalhamento de aproximadamente 6m^3 de pedriscos (de 6,5 a 15 mm de diâmetro) em toda a base da CE. Realizou-se essa atividade com o objetivo de se conformar uma camada drenante para os lixiviados, facilitando seu escoamento no fundo da célula.

Na Figura 16 podem ser observados esses componentes.

Figura 16 - Vista parcial da camada drenante e dos pedriscos, 2011



Fonte: do Autor (2012)

3.1.3 Caracterização dos RSU destinados a CE

Os RSU encaminhados à CE foram caracterizados quanto à composição gravimétrica, densidade aparente e teor de umidade. Esses parâmetros físicos são comuns em estudos sobre o tema (LANGE *et al.*, 2002; LIBÂNIO, 2002; CATAPRETA e SIMÕES, 2008).

A determinação da composição gravimétrica e da densidade aparente foram realizadas ao lado da CE e a determinação do teor de umidade foi realizada em estufa instalada numa sala isolada do ASMOC.

3.1.3.1 Composição Gravimétrica

Conforme o IBAM (2001), a composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada. A escolha dos componentes é função direta do tipo de estudo que se pretende realizar e deve ser cuidadosamente feita para não acarretar distorções.

A composição gravimétrica foi realizada com a utilização de uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150 kg, uma lona de 15m² e um tambor plástico de 100 litros (Tara: 4,5 kg).

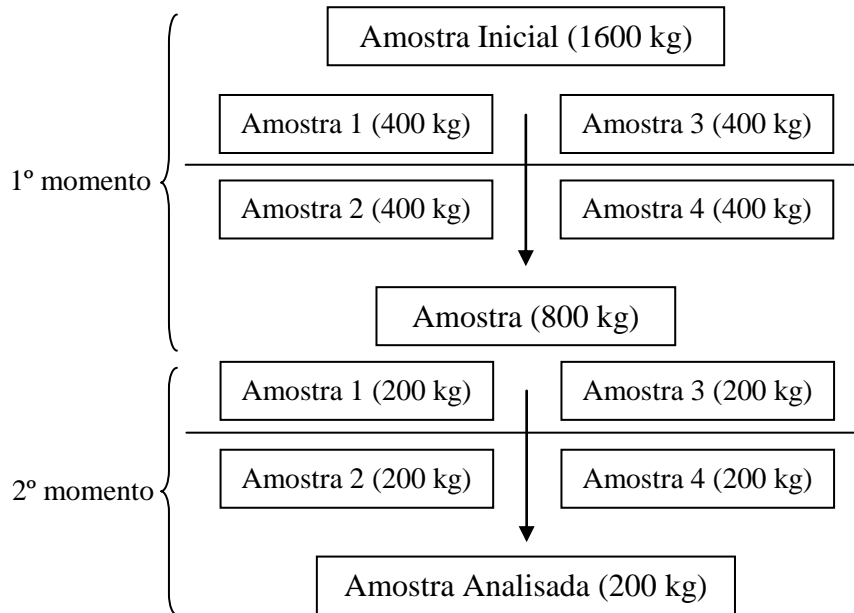
Os resíduos recém coletados em Fortaleza foram despejados sobre a lona, quarteados e analisados (% massa/massa) quanto aos seguintes componentes: restos de alimentos (incluindo coco verde), resíduos de jardim, papel, papelão, jornal, plástico rígido, plástico flexível (filme), PET, ferro, alumínio, embalagem cartonada (tetrapak), vidro escuro (azul, verde, marrom), vidro claro (branco ou transparente), trapos, borracha, fralda e outros (areia, isopor, pilhas, baterias, fios, entre outros).

Foram realizados estudos com cinco¹¹ amostras quarteadas de resíduos, que pesavam 200 kg cada, sendo três amostras analisadas no mesmo dia de preenchimento da CE e duas amostras no dia seguinte.

¹¹ Esse quantitativo de ensaios foi determinado considerando que uma extensa pesquisa sobre o tema tinha sido realizada recentemente pelos mesmos autores com resíduos que chegam no ASMOC: SANTOS e MOTA (2010).

Na Figura 17 pode ser observado o fluxograma da seleção da cada amostra.

Figura 17 - Fluxograma do processo de quarteamento dos RSU, 2011



Fonte: do Autor (2012)

No primeiro momento, a amostra de 1600 kg foi pesada na balança eletrônica do ASMOC, despejada sobre a lona plástica e homogeneizada; em seguida foi subdividida em quatro grupos visualmente iguais de 400 kg; em seguida dois grupos opostos foram eliminados, restando uma amostra de 800 kg.

No segundo momento, a amostra de 800 kg foi novamente subdividida em quatro grupos visualmente iguais de 200 kg. Por fim, uma entre as quatro amostras de RSU foi escolhida para o estudo e, caso não somasse esse peso (200 kg), era aferida através da escolha aleatória de resíduos dos demais grupos.

Na Figura 18 são mostradas imagens dos RSU analisados nesta etapa de caracterização.

Figura 18 - Imagens dos RSU no processo de composição gravimétrica, 2011



Fonte: do Autor (2012)

3.1.3.2 Densidade Aparente

Conforme o IBAM (2001), a densidade aparente, chamada de peso específico algumas vezes, é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m^3 . Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações.

A densidade aparente foi determinada com a mesma balança e tambor utilizados nos ensaios da composição gravimétrica.

O processo de determinação desse parâmetro foi simples, já que consistiu no enchimento de um recipiente de volume conhecido, seguido do procedimento de pesagem. A relação entre o peso da amostra (em kg) e o volume do recipiente (em m³) expressou o resultado final (kg/m³).

Foram realizados 90 procedimentos sucessivos de enchimento, pesagem e esvaziamento do tambor com resíduos misturados, soltos e escolhidos aleatoriamente do montante depositado na rampa de acesso à CE. A Figura 19 mostra parte do procedimento operacional de determinação da densidade aparente.

Figura 19 - Procedimento de determinação da densidade aparente dos RSU, 2011



Fonte: do Autor (2012)

3.1.3.3 Teor de Umidade

Conforme o IBAM (2001), o teor de umidade representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40 a 60%.

O teor de umidade foi determinado em 10 amostras, de aproximadamente 1 kg cada de resíduos sólidos recém coletados e previamente separados ao final dos ensaios da composição gravimétrica.

Considerando o pequeno espaço interno da estufa de secagem (SP LABOR, Microprocessada, Digital, Capacidade 85 litros, Modelo SP-400/3, 03 bandejas, Dimensões externas: 46 x 45 x 43 cm) e a necessidade de se realizar esses ensaios no mesmo dia do preenchimento da CE, foram confeccionadas 10 formas retangulares em chapa de aço (10 x 15 x 09 cm) para comportar os resíduos sólidos e inseri-los no equipamento.

De acordo com a literatura (LIBÂNIO, 2002; LANGE *et al.*, 2002), a estufa foi ajustada para trabalhar a 65°C e cada amostra foi retirada do interior do equipamento a cada 24 horas, para pesagem, até que se atingisse peso constante, o que aconteceu após quatro dias (quatro pesagens).

Na Figura 20 pode ser observado um exemplar da forma retangular confeccionada, a estufa utilizada, a balança de precisão e a condição final dos resíduos após o ensaio.

Figura 20 - Componentes utilizados na determinação da umidade dos resíduos, 2011



Fonte: do Autor (2012)

3.1.4 Preenchimento da CE

Com o fim dos ensaios descritos anteriormente, foi iniciado o preenchimento da CE com os resíduos sólidos provenientes da coleta domiciliar realizada em Fortaleza.

A quantidade de resíduos disposta no experimento (440 toneladas) foi controlada por meio do processo de pesagem eletrônica dos caminhões na cabine de controle existente na portaria do ASMOC e do acompanhamento de 50 veículos compactadores até a CE (no Apêndice A é apresentada a lista dos veículos com as respectivas pesagens de RSU). Cabe destacar que a CE experimental foi preenchida e coberta em um único dia.

Na Figura 21 pode ser observada parte desse processo, com destaque para o veículo estacionado sobre a balança eletrônica, o resultado da pesagem e o comprovante da pesagem (espécie de *ticket*).

Figura 21 - Detalhes do processo de controle da pesagem dos RSU destinados a CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Em geral, os caminhões compactadores despejavam os resíduos na rampa de acesso a CE; o trator de esteiras realizava o espalhamento e o rolo compactador.

Na Figura 22 pode ser observada parte desse processo.

Figura 22 - Vista dos RSU na rampa de acesso a CE e entrada do trator de esteiras, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Os operadores das máquinas foram orientados a cumprir 5-6 passadas sobre a massa de resíduos, para permitir a obtenção de uma densidade de 0,6 toneladas/m³.

Em função da profundidade da escavação da trincheira (4 metros), foi possível dispor os resíduos sólidos em 07 camadas de 50 cm cada (3,5 m de coluna de resíduos) e cobri-los com o solo da própria escavação.

Na Figura 23 pode ser observado o trator de esteiras, por exemplo, realizando o espalhamento dos resíduos no interior na CE sob várias frentes de serviço.

Figura 23 - Vista da CE em preenchimento e do trator de esteiras, 2011



Fonte: do Autor (2012)

3.1.5 Cobertura da CE

A cobertura da CE teve 60 cm de espessura e foi realizada com o solo proveniente da escavação da área de estudo.

Na interface resíduo-cobertura, duas placas quadradas (para medir recalques) feitas de concreto (de 5 cm de altura \times 50 cm de comprimento \times 50 cm de largura) foram

acomodadas após realização da abertura necessária ao deslizamento livre de cada placa da superfície até os resíduos (70 cm de comprimento \times 70 cm de largura).

No centro de cada placa foi fixada uma haste de ferro graduada inscrita em um tubo de PVC de 2,5 cm de diâmetro. Para manter o PVC estático e com isso acompanhar os recalques, amarraram-se o PVC com um fio de arame de uma estaca de concreto existente do lado esquerdo da CE a outra estaca existente do lado direito; ambas externas.

Na Figura 24 pode ser observada a placa, a escavação do local até o aparecimento dos resíduos e o dispositivo milimetrado para medir recalque¹².

¹² Até dia 07/02/2012, as duas placas tinham marcado um recalque de apenas 0,3 e 0,4 cm. Na segunda verificação, feita em 10/08/2012, as duas placas tinham avançado para 1,0 e 1,2 cm, respectivamente. Pela simplicidade dessas informações, não foi incluído um item nos resultados para posterior discussão, mas tais valores sugerem que a massa de RSU apresentou baixa velocidade de degradação e limitada capacidade de expulsão de líquidos e gases. Além disso, a massa de RSU deve demorar a bioestabilizar.

Figura 24 - Vista da placa de recalque e de sua instalação na CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Com o encerramento das atividades relacionadas à instalação das placas de concreto, realizou-se a coleta de amostras do solo da camada de cobertura para caracterização semelhante à realizada com as amostras do solo da camada de base (ensaios: granulometria, limites de consistência, compactação Proctor Normal e permeabilidade a água).

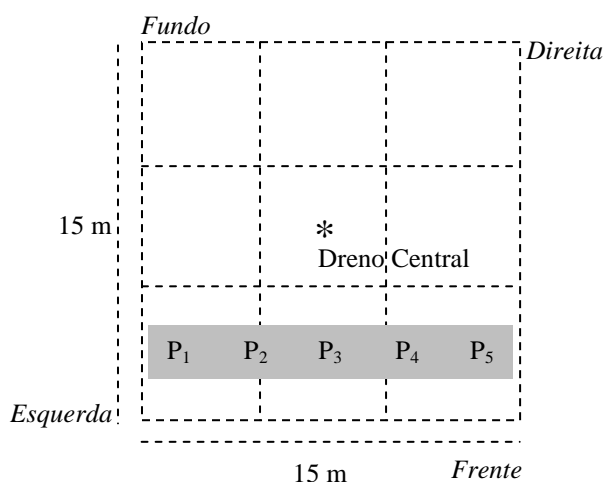
3.1.6 Medição dos Gases na Camada de Cobertura e no Dreno Central

As estimativas das emissões de gases pela camada de cobertura foram realizadas por meio de ensaios com placa de fluxo estático. Nessa modalidade, os gases sofrem recirculação entre o leitor de concentração e o interior da placa através de conexões de borracha, compondo um ciclo fechado.

Considerando a área útil da superfície da CE ($\sim 98 \text{ m}^2$) disponível para servir como setor de referência “branco” (camada de cobertura convencional), cinco pontos foram monitorados entre 06 e 10 de fevereiro de 2012 (primeira campanha) e 13 e 17 de agosto de 2012 (segunda campanha), sendo que cada ponto (chamados P1, P2, P3, P4 e P5) foi acompanhado durante um dia nos dois turnos. Os RSU estavam há seis meses aterrados (primeira campanha) e há um ano (segunda campanha).

A distribuição aproximada desses pontos é mostrada na Figura 25, observando-se uma sequência paralela de localização.

Figura 25 - Pontos de medição dos gases na camada de cobertura convencional, 2011



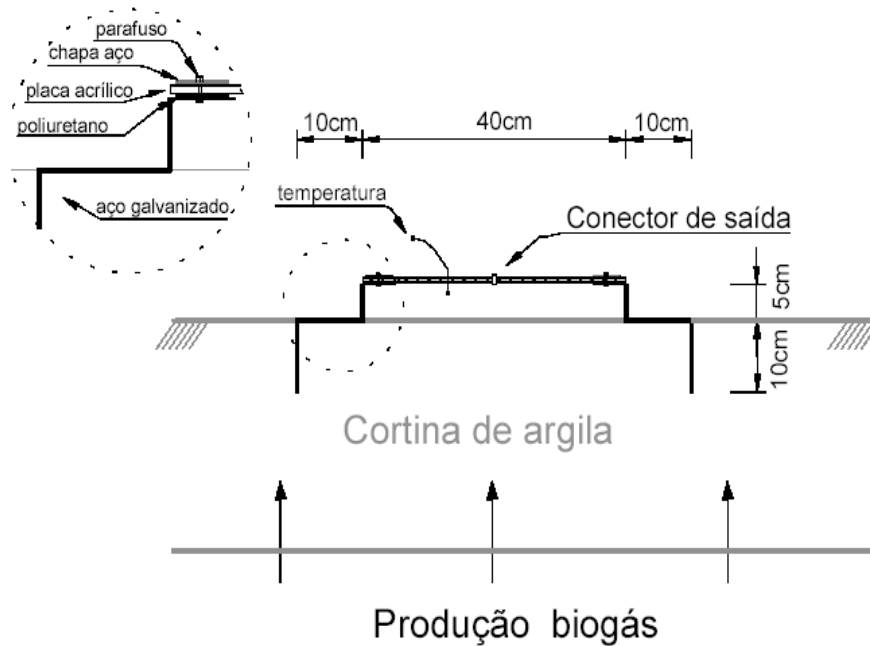
Fonte: do Autor (2012)

Foram confeccionadas cinco placas com chapa de aço em forma de degrau e na parte superior da cada placa foi fixada com parafuso e fita dupla face 3M uma peça quadrada (40 cm por 40 cm) de acrílico de 0,5 cm de espessura, com dois pequenos orifícios que recebiam as conexões de borracha do leitor de gases.

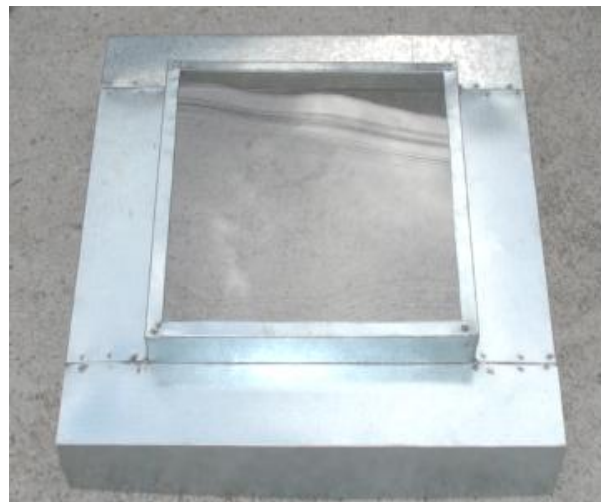
A placa confeccionada seguiu o modelo proposto por Maciel (2003), sendo considerada adequada para estudos *in situ*, pela simples instalação, baixo custo e precisos resultados pontuais.

Cada placa confeccionada para esta pesquisa possuía uma área útil de 0,16 m² e volume de 8 litros. A Figura 26 mostra a estrutura da placa e um dos exemplares.

Figura 26 - Vista do esquema da placa e de uma unidade confeccionada, 2011



Fonte: Maciel (2003)



Fonte: do Autor (2012)

Para fixação da placa na camada de cobertura realizava-se a marcação do seu perímetro no solo, escavação manual pelas laterais externas da placa, colocação da placa sobre a camada escavada e reposição do solo manualmente. Na Figura 27 pode ser observada parte do processo de instalação das placas.

Figura 27 - Vista do processo de cravação da placa na camada de cobertura da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

O equipamento utilizado para medir a concentração dos gases foi o detector portátil da marca GEM2000 (LANDTEC), alugado mediante contrato mensal celebrado entre a representante de São Paulo e o pesquisador. Esse equipamento permite a leitura simultânea das percentagens volumétricas de CH₄, CO₂ e O₂, além da temperatura interna e da pressão dos gases.

O princípio de detecção do metano e do gás carbônico pelo GEM2000 é baseado na capacidade que esses gases têm de absorver radiação eletromagnética na faixa do infravermelho. Já a detecção do oxigênio é feita mediante célula eletroquímica interna.

O equipamento é capaz de realizar medições de 0 a 100% (% em volume) de CH₄ e CO₂, com precisão típica de $\pm 0,3\%$ para concentrações até 5%, de $\pm 1\%$ para concentrações entre 5 e 15% e de $\pm 3\%$ para concentrações maiores que 15%. Para o oxigênio, a faixa de leitura varia entre 0 e 25% com uma precisão de $\pm 1\%$.

Na pesquisa em questão, o GEM2000 foi programado para (i) realizar uma leitura (chamada de ciclo) a cada 5 minutos e (ii) ler a concentração dos gases durante 30 segundos sem interrupções.

O monitoramento dos gases em cada ensaio de placa durou 180 minutos, tanto no turno da manhã quanto da tarde. Na Figura 28 pode ser observado o GEM2000 conectado à placa instalada sobre a camada de cobertura da CE.

Figura 28 - Vista do GEM2000 conectado à placa na cobertura, 2011



Fonte: do Autor (2012)

O fluxo do gás foi calculado por meio de uma expressão conhecida na literatura referente a estudos sobre a emissão de gases em camadas de cobertura (PARK e SHIN, 2001; HEDGE, CHAN e YANG, 2003; ABICHOU *et al.*, 2006; STERN *et al.*, 2007; SCHEUTZ *et al.*, 2008; ZHANG, HE e SHAO, 2008; XU, TOWNSEND e REINHART, 2010; CAPACCIONI *et al.*, 2011):

$$J = \frac{V_p \cdot \rho_{\text{gás}} \cdot \Delta C}{A \cdot \Delta t} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: J = fluxo do gás expresso em $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$; V_p = volume útil da placa de fluxo ($0,008\text{m}^3$); A = área de solo coberta pela placa ($0,16\text{m}^2$); $\rho_{\text{gás}}$ = densidade do gás a determinada temperatura (kg/m^3); $\Delta C/\Delta t$ = variação da concentração do gás (%vol.) com o tempo (s).

A densidade dos gases CH_4 e CO_2 foi corrigida em função das leituras de temperatura interna da placa, por meio das seguintes expressões:

$$\rho_{\text{CH}_4}(t) = \frac{\rho_{\text{CH}_4}(0^\circ\text{C}) \cdot 273}{(273 + t)} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\rho_{\text{CO}_2}(t) = \frac{\rho_{\text{CH}_4}(t) \cdot \text{PM}_{\text{CO}_2}}{\text{PM}_{\text{CH}_4}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: $\rho_{\text{CH}_4}(t)$ = densidade do metano em função da temperatura (t) em °C; $\rho_{\text{CH}_4}(0^\circ\text{C}) = 0,716 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{CO}_2}(t)$ = densidade do dióxido de carbono em função da temperatura (t) em °C; PM_{CH_4} = peso molecular do metano (16), PM_{CO_2} = peso molecular do dióxido de carbono (44).

Maciel (2003) recomenda que a variação da concentração do gás com o tempo ($\Delta C/\Delta t$) seja representada em termos mássicos ($\Delta M/\Delta t$) já que o fluxo (J) decresce com o decorrer do ensaio de placa estática.

Quanto ao dreno central, as estimativas das emissões foram realizadas através do isolamento com lona plástica do tubo de PVC e posterior conexão deste ao medidor de gases GEM2000. Na Figura 29 pode ser observada parte desse sistema.

Figura 29 - Vista do GEM2000 conectado ao dreno central, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Os gases do dreno central foram avaliados em fluxo estático, ou seja, eram succionados pelo leitor de gás, analisados e lançados novamente no interior do dreno. Seu monitoramento aconteceu entre 13 e 17 de fevereiro de 2012 (primeira campanha) e 20 e 24 de agosto de 2012 (segunda campanha), durante os dois turnos de cada dia. O GEM2000 foi

programado para trabalhar da mesma forma quando do estudo dos gases nas placas instaladas sobre a cobertura.

3.1.7 Plantio de Gramíneas sobre a Cobertura da CE

O plantio de uma gramínea exigiu a preparação preliminar do solo que irá receber as sementes.

Como a cobertura da CE não poderia sofrer alterações, mantendo assim sua originalidade e semelhança com as condições típicas do aterro sanitário, realizou-se apenas a retirada de “torrões” do solo com quatro ferramentas básicas: carro de mão, pá, enxada e ciscador.

Na Figura 30 podem ser visualizadas tais ferramentas.

Figura 30 - Ferramentas utilizadas no preparo da camada de cobertura de CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Considerando a área restante da superfície da CE ($\sim 98\text{m}^2$) e a necessidade de serem mantidos corredores entre as culturas, para facilitar o processo de irrigação e evitar o transporte de sementes pelo vento de uma cultura para outra (contaminação), foi delimitada mesma extensão de 09 m^2 de área para cada tipo de semente. A Figura 31 exemplifica uma dessas áreas.

Figura 31 - Delimitação física de cada área por tipo de semente, 2011



Fonte: do Autor (2012)

A escolha das sementes se deu após revisão de literatura, leitura de catálogos, visitas à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Assim, foram selecionados cinco tipos de sementes, como mostram a Figura 32 e a Tabela 6.

Figura 32 - Imagens de amostras das sementes utilizadas, 2011



(1 - capim buffel, 2 - capim andropogon, 3 - grama bermuda, 4 - capim massai, 5 - capim mombaça)

Fonte: do Autor (2012)

Tabela 6 - Lista das sementes selecionadas para aplicação sobre a cobertura da CE

Classificação	Nome Popular	Nome Científico
Gramma	Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>
Capim	Andropogon	<i>Andropogon gayanus cv. Planaltina</i>
	Buffel	<i>Cenchrus ciliaris L.</i>
	Massai	<i>Panicum maximum cv Massai</i>
	Mombaça	<i>Panicum maximum cv Mombaça</i>

Fonte: do Autor (2012)

Os principais critérios adotados para escolha dessas espécies foram: alta resistência à seca, crescimento perene, pouca exigência quanto à fertilidade do solo e baixo custo de aquisição. Influíram indiretamente na escolha a disponibilidade das sementes em casas especializadas de Fortaleza e a venda a varejo.

Conforme entendido em Rodrigues Pereira (2006), a compra das sementes em casas especializadas é importante porque a qualidade das sementes fica garantida e com isso se consegue uma maior taxa de germinação. Além disso, com as sementes certificadas há ausência de ervas daninhas, ovos de cigarrinha e outras pragas.

Outros benefícios, segundo o autor supracitado, são: garantia de aplicação da semente da espécie adquirida, utilização de menor quantidade de sementes por área, garantia de homogeneidade na germinação e no desenvolvimento e economia de mão-de-obra no plantio, evitando replantio.

Nesta pesquisa, aproximadamente 100 g de cada semente foi lançada sobre a cobertura da CE e posteriormente coberta manualmente com uma fina camada (1 - 2 cm) de solo natural disponível no entorno da CE.

A quantidade de sementes aplicada considerou que:

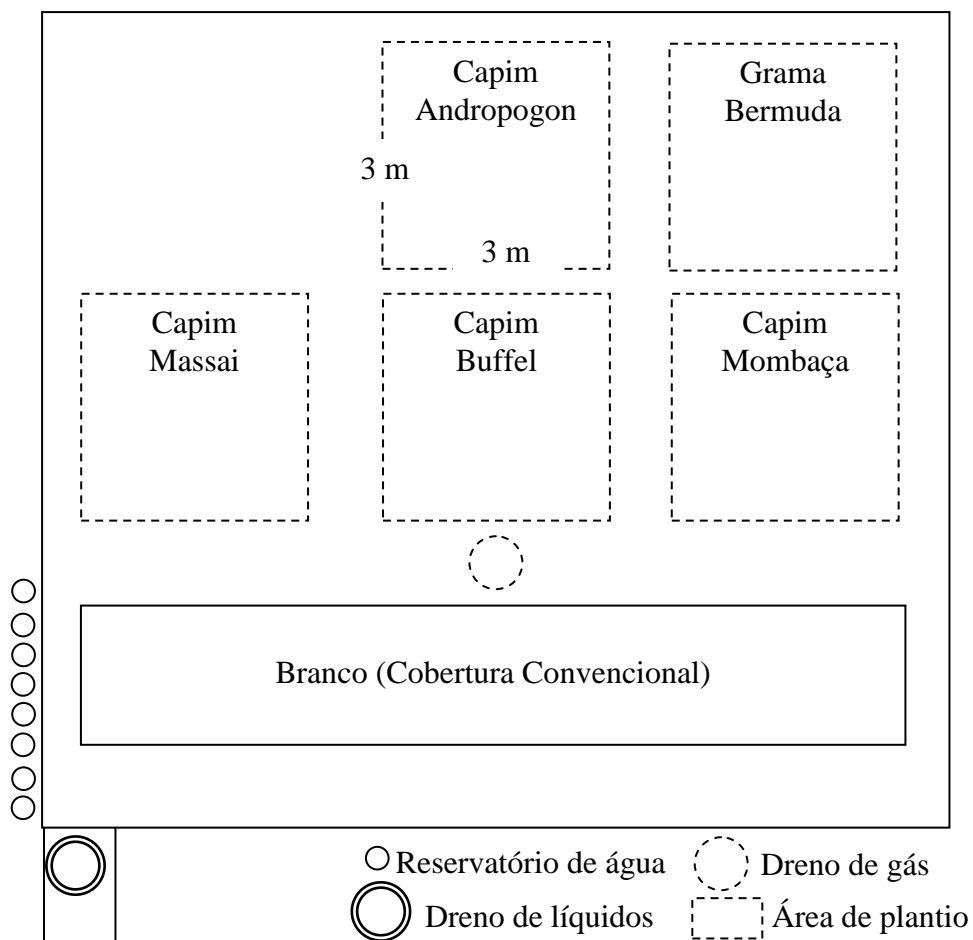
(I) houve um preparo de solo deficiente, já que a camada de cobertura deveria ficar praticamente "intacta";

(II) haviam pássaros no entorno do aterro, que poderiam se alimentar das sementes;

(III) os solos utilizados em aterros sanitários são tipicamente de baixa fertilidade natural.

A distribuição (aproximada) dos plantios das sementes sobre a cobertura da CE pode ser observada na Figura 33 e todos ocorreram em 09/10/2011. Os RSU estavam aterrados há dois meses.

Figura 33 - Distribuição das áreas de plantio na superfície da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Na Figura 34 pode ser observada parte do processo de lançamento e cobertura das sementes.

Cabe destacar que esse tipo de plantio (*a lanço*) trouxe rapidez e economia. No entanto, a semeadura ocorreu de forma irregular e a emergência desuniforme.

Figura 34 - Vista do lançamento das sementes e respectiva cobertura com solo natural, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Com a aplicação do solo cobrindo as sementes, a superfície da CE apresentava a visão geral exposta na Figura 35.

Figura 35 - Imagem geral da cobertura da CE com o plantio das sementes, 2011



Fonte: do Autor (2012)

O processo de irrigação efetuado foi manual e duas vezes ao dia durante a germinação e crescimento inicial, como exemplifica a Figura 36.

Utilizou-se aproximadamente 2,5 litros/m² por turno, já que não havia disponibilidade de água superior a essa taxa de aplicação.

Figura 36 - Vista do processo de irrigação das sementes, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Devido à ausência de água nas proximidades da CE, foram colocados oito tambores de 200 litros (cada) para armazenamento da água para irrigação, de forma que eles funcionaram como uma espécie de *reservatório*.

O reabastecimento dos tambores foi realizado com carro-pipa, uma vez por semana, a partir da coleta feita pelo veículo em um poço profundo da região. Na Figura 37 pode ser observada a sequência de tambores.

Figura 37 - Vista dos tambores de armazenamento de água para irrigação, 2011



Fonte: do Autor (2012)

A água utilizada durante o processo de irrigação também foi amostrada, preservada e encaminhada para análise, com frequência quadrimestral, no mesmo laboratório que recebeu as amostras do lixiviado da CE, a título de controle (resultados no Apêndice B).

3.1.8 Avaliação do Desenvolvimento das Gramíneas

Para avaliar o desenvolvimento dos cultivos, foram escolhidas algumas características: (I) morfogênicas (Taxa de Aparecimento de Folhas - TapF; Filocrono - Fil; Taxa de Alongamento das Folhas - TalF); (II) estruturais (Comprimento Médio das Folhas - CMF); (III) produtivas (Produção de Matéria Seca Total Aérea - PMSTA); (IV) nutricionais (Teor de Matéria Seca - TMS).

Essas características foram calculadas da forma descrita na Tabela 7. Os resultados encontrados tiveram que ser comparados com os resultados dos cultivos sobre solos próprios para agricultura, já que não foi encontrada na literatura a realização desses cultivos em solos de aterro.

Tabela 7 - Variáveis consideradas na avaliação do desenvolvimento das gramíneas

Característica	Descrição
Taxa de Aparecimento de Folhas - TapF	Número de folhas surgidas por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação (folhas/perfilho.dia);
Filocrono - Fil	Inverso da taxa de aparecimento de folhas (dias/folha);
Taxa de Alongamento das Folhas - TalF	Somatório de todo alongamento da lâmina foliar por perfilho dividido pelo número de dias do período de avaliação (cm/perfilho.dia);
Comprimento Médio das Folhas - CMF	Divisão do somatório do comprimento das folhas pelo número de folhas emergidas (cm);
Produção de Matéria Seca Total Aérea - PMSTA	Peso da amostra de folhas encontrada em 0,25m ² após secagem em estufa e sua projeção em relação ao hectare (kg/ha).
Teor de Matéria Seca - TMS	Relação percentual entre o peso da amostra de folhas após secagem em estufa em relação ao peso inicial (%).

Fonte: Baseado em Gomide e Gomide (2000), Garcez Neto *et al.* (2002), Bandinelli *et al.* (2003), Martuscello *et al.* (2006), Cunha *et al.* (2007), Mesquita e Neres (2008), Castagnara (2009), Edvan *et al.* (2010).

Outras publicações (CARVALHO, FREITAS e ANDRADE, 1995; ANDRADE *et al.*, 2004; MACHADO e ASSIS, 2010; DOS SANTOS *et al.*, 2011) descrevem as características supracitadas de várias formas e entende-se, resumidamente, que:

(I) a Taxa de Aparecimento de Folhas (TapF) é uma importante característica da planta, por representar a velocidade de formação de tecido fotossintético. Ela exerce também papel central na morfogênese, por causa de sua influência direta sobre cada um dos três componentes da estrutura da pastagem: área foliar, densidade de perfilhos e número de folhas por perfilho;

(II) o Filocrono (Fil) é uma estimativa do número de dias entre o aparecimento de folhas sucessivas e tem sido amplamente aceito para predizer o desenvolvimento vegetal e determinar, junto aos produtores, o momento ideal para a utilização de práticas de manejo, tais como fertilização. O filocrono correlaciona-se positivamente com a produção de forragem e o peso do perfilho, porém negativamente com o número de perfilhos por planta;

(III) a Taxa de Alogamento de Folhas (TalF) varia conforme o genótipo, o nível de inserção da folha, época do ano, estresse hídrico, temperatura, nutrição mineral e luz. Em decorrência de sua alta correlação com o rendimento forrageiro, a TalF tem sido usada como critério de seleção em trabalhos de melhoramento genético. Qualquer efeito sobre a TalF afeta a taxa de emissão de folhas e o surgimento de perfilhos e, conseqüentemente, a produção de matéria seca total;

(IV) o Comprimento Médio das Folhas (CMF) é um indicador do crescimento do cultivo e é controlado pela altura de desfolhação. Geralmente, o CMF correlaciona-se positivamente com a TalF, que contribui para a reconstituição da área foliar após a desfolhação, sendo fundamental para manutenção da perenidade da vegetação. A altura da bainha é outro fator importante a ser observado, pois, quanto maior o seu comprimento maior será o tamanho da lâmina. O CMF é um bom exemplo da relação existente entre as características morfogênicas e estruturais da pastagem;

(V) a Produção de Matéria Seca Total Aérea (PMSTA) é diretamente proporcional a quantidade de folhas expostas a radiação solar. Geralmente, a PMSTA aumenta, à medida que

se incrementa a adubação e que eleva o número de folhas expandidas antes do corte. Maior CMF está diretamente correlacionado a maior PMSTA;

(VI) o Teor de Matéria Seca (TMS) é um indicador do acúmulo de matéria pela gramínea. Menores TMS também contribuem para a obtenção de menor produção de matéria seca.

Para determinar as variáveis acima listadas, foi efetuado um corte uniforme em todos os cultivos a 10 cm do solo após 60 dias do plantio, para realização da primeira campanha, e após 180 dias da primeira campanha, para realização da segunda campanha (Figura 38). Essa altura de corte é citada na literatura (Tabela 8).

Tabela 8 - Altura do corte do capim na literatura

Autor(es)/Ano	Altura do Corte (cm)	Capim
Vasconcelos <i>et al.</i> (2009)	10	Mombaça
Mesquita <i>et al.</i> (2010)		
Carvalho, Freitas e Andrade (1995)		Andropogon
Veras (2007)		
Dantas Neto <i>et al.</i> (2000)		Massai
Sombra <i>et al.</i> (2009)		
Lopes (2010)		Buffel
Lopes <i>et al.</i> (2011)		

Fonte: do Autor (2012)

Para determinar a TalF e o CMF, foram utilizadas tesoura, trena milimetrada e sacos plásticos.

Para determinar a PMSTA e o TMS, utilizou-se a estufa de secagem, as formas retangulares e a balança de precisão (Figura 39) empregadas nos ensaios com os resíduos sólidos. A estufa foi regulada a 65°C e cada amostra de capim foi retirada do interior do equipamento a cada 3 horas para pesagem até que se atingisse peso constante, o que aconteceu após seis horas (duas pesagens).

Utilizou-se também um molde quadrado de 0,25 m² para seleção da amostra de cada cultivo.

Figura 38 - Imagem do processo de medição e corte das gramíneas, 2011



Fonte: do Autor (2012)

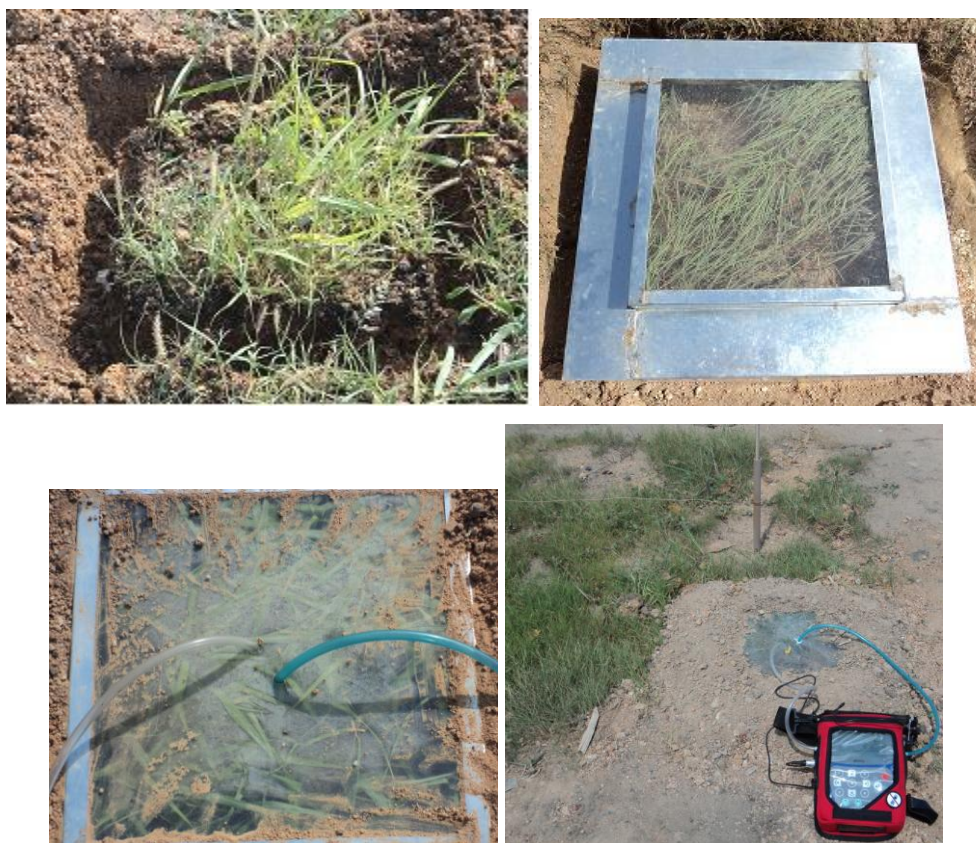
Figura 39 - Imagem do processo de pesagem do capim após o corte e após a secagem, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Com o corte dos cultivos foi possível fixar a placa sobre a camada cultivada, avaliar as concentrações dos gases emitidos ao longo do período de monitoramento e calcular o fluxo do gás da mesma forma utilizada para a camada não cultivada "branco", como mostra a Figura 40.

Figura 40 - Vista do processo de cravação da placa na camada cultivada da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

As características ambientais do Município de Caucaia, onde se localiza o experimento, conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE (2010) são:

- 29,9m de altitude em relação ao nível do mar;
- clima tropical quente semi-árido brando, tropical quente sub-úmido, tropical quente úmido;
- 1.243,2 mm de chuva por ano;
- temperatura entre 26° e 28°C;
- período de chuva ente janeiro e maio;
- vegetação da zona litorânea, cerrado e caatinga.

O histórico das chuvas durante o período de realização desta pesquisa está apresentado na Tabela 9, onde se observa concentração nos primeiros seis meses.

Tabela 9 - Histórico das chuvas no município de Caucaia no período da pesquisa

Etapas	Mês	Ano	Pluviometria (mm)		
			Mínimo	Máximo	Média
Início da Pesquisa	Agosto	2011	0	9,8	5,9
	Setembro		0	0	0
Plantio das sementes	Outubro		NI	NI	NI
Análise do lixiviado					
Análise da água de irrigação	Novembro		0	0	0
1ª campanha (cultivos)	Dezembro		0	0	0
Análise do lixiviado					
	Janeiro	0	20	12,6	
1ª campanha (gás)	Fevereiro	2012	73	117	88,4
Análise do lixiviado					
Análise da água de irrigação					
	Março		117	315,2	174,6
Análise do lixiviado	Abril		26	196,2	101,9
	Maio		0	79,5	41,2
2ª campanha (cultivos)	Junho	0	0	0	
Análise do lixiviado					
Análise da água de irrigação					
	Julho	NI	NI	NI	
2ª campanha (gás)	Agosto	NI	NI	NI	

Legenda: NI - Não Informado

Fonte: elaborado pelo Autor (2012) em 20/10/2012 com dados do site da FUNCEME
<http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/calendariodaschuvas>

Apresentação

Este capítulo reúne os resultados alcançados e os discute diante da literatura. Aborda os resultados da sondagem da área e caracterização dos solos empregados. Considera as análises dos lixiviados e dos resíduos sólidos em termos de composição gravimétrica, densidade aparente e teor de umidade. Abrange também os resultados das emissões de gases pelo dreno, na cobertura convencional (branco) e camada cultivada, em duas campanhas. Por fim, apresenta os resultados das avaliações dos cultivos de forma comparativa em relação a retenção do gases.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

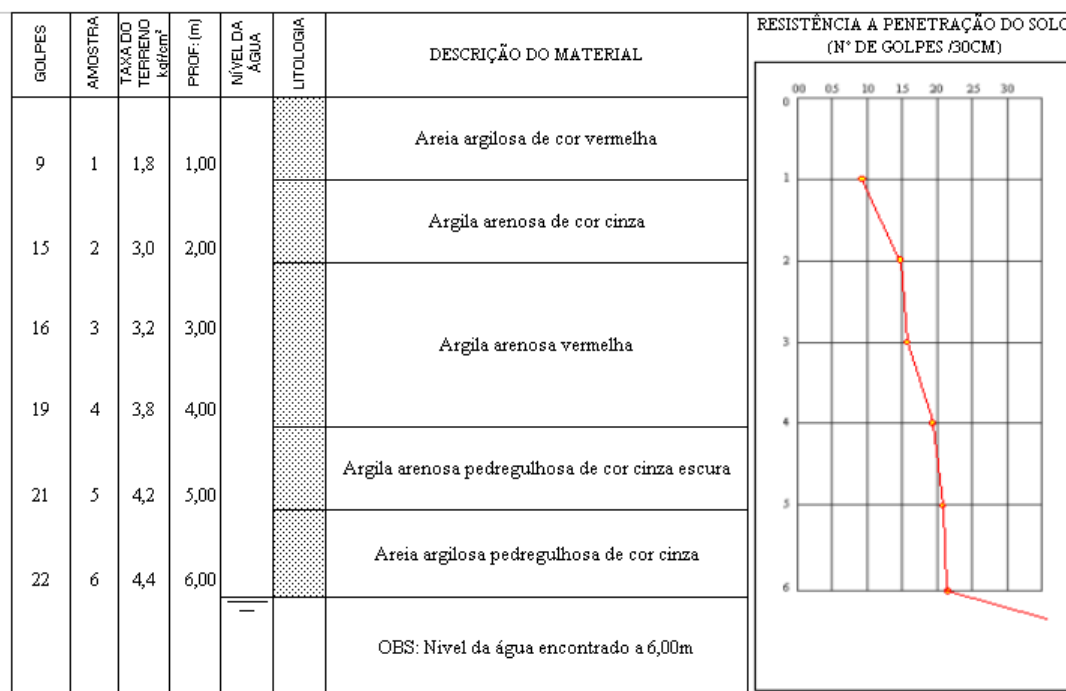
4.1 Sondagem de Solo na Área da CE

O perfil estratigráfico do solo da área da CE (de cima para baixo) é formado por 1,0m de areia argilosa de cor vermelha, 1,0m de argila arenosa de cor cinza, 2,0m de argila arenosa vermelha, 1,0m de argila arenosa pedregulhosa de cor cinza escura e 1,0m de areia argilosa pedregulhosa de cor cinza (Figura 41). Abaixo dessas camadas, foi encontrada água¹³ e o ensaio foi encerrado.

O resultado deste ensaio, além do reconhecimento do tipo de solo e do nível d'água na área da CE, permitiu decidir a profundidade de escavação da trincheira: 4,0 metros. Além disso, foi possível constatar a viabilidade do uso do solo disponível na área em estudo para execução da camada de cobertura da CE, reduzindo custos com a aquisição de solos para tal finalidade.

¹³Segundo os técnicos responsáveis pelo aterro sanitário, não há lençol subterrâneo na extensão de todo do empreendimento, apenas 'bolsões' isolados ou pequenos afloramentos temporários, podendo um desses ter sido encontrado durante o ensaio do SPT.

Figura 41 - Perfil estratigráfico do solo da área da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Conforme Almeida e Schalch (2007), as sondagens a percussão em áreas de disposição de resíduos sólidos podem servir, de acordo com o objetivo de cada trabalho, para (i) uma melhor compreensão dos fatores que condicionam o fluxo de subsuperfície, (ii) uma avaliação mais precisa do risco de contaminação a partir da construção de poços de monitoramento ou piezômetros, (iii) a seleção de materiais e técnicas mais apropriadas para a execução dos sistemas de drenagem, camadas de base, cobertura, laterais etc.

Considerando os usos múltiplos dos ensaios do tipo SPT, são encontrados vários estudos¹⁴ na literatura em áreas de disposição de RSU:

(I) Fernando Fernandes *et al.* (1995) realizaram um estudo na área receptora dos RSU de Londrina (PR) e por meio das sondagens de solo e subsolo, amostragens a trado e ensaios de penetração tipo SPT, determinaram a presença de latossolos roxos profundos, que se caracterizam pela estrutura granular e textura argilosa. Conforme os autores, a espessura média do solo dos horizontes A e B é de 10 m e o nível da água encontra-se a 8 - 10 m de profundidade.

¹⁴ Realizou-se aqui apenas um consolidado dos dados obtidos por cada pesquisador, não cabendo realizar comparações entre eles, pois o solo existente numa determinada área de disposição de RSU é típico daquela área e daquele município.

(II) Bernades, Pastore e Pereira (1999), caracterizando a geofísica e geoquímica da área do aterro do Jóquei Clube (DF) através de ensaios de poços, trado, percussão e sonda rotativa, observaram a presença de solos com grande participação de argila arenosa de coloração vermelho-escura (sondagem no ponto 1), cascalho laterítico de 2,0 m de espessura (sondagem no ponto 2), solo composto por silte argiloso de coloração roxo/branco/marrom (sondagem no ponto 3) e solo composto essencialmente por areia fina amarelada/branca (sondagem 4).

(III) Crespo Monteiro *et al.* (2001), na área de disposição de RSU existente em Campos dos Goytacazes (RJ), executaram três furos SPT e observaram o nível d'água, após 24 horas, a uma cota média de 1,0 m para os dois furos executados sobre a área de disposição de RSU e 2,0 m para o furo executado fora da área de disposição. Os autores relatam ainda que foi encontrada camada de solo argiloso de aproximadamente 2,0 m, seguida de uma camada de solo arenoso no primeiro local sondado e uma camada argilosa de aproximadamente 5,0 m no segundo local.

(IV) Venturieri (2001), com o objetivo principal a demonstrar a utilização de uma ferramenta numérica para a modelagem do fluxo dos contaminantes no subsolo do lixão de Aurá (PA), realizou duas sondagens do tipo SPT e observou um perfil de solo composto por 4,7 m de argila silto arenosa de cor cinza clara e 10,75 m de areia fina a média de cor vermelha na primeira sondagem; e 4,64 m de areia fina a média de cor variegada, 2,79 m de areia fina a média de cor cinza clara, 1,18 m de argila siltosa de cor variegada, 6,59 m de silte argiloso de cor variegada na segunda sondagem.

(V) Elis e Zuquette (2002) relatam que, por ocasião da elaboração do estudo de impacto ambiental do aterro sanitário de Ribeirão Preto (SP), sondagens SPT e poços piezométricos forneceram o seguinte perfil para a área: solos classificados como latossolos roxos, com textura argilosa (mais de 70% de finos) e nível estático d'água situado, em maio de 1988, em torno de 19,5 m de profundidade.

(VI) Moura e Malagutti Filho (2003), referindo-se a estudos realizados em outubro de 1999 no aterro controlado de Rio Claro (SP), relatam (I) níveis freáticos encontrados nas profundidades de 9,6 m à jusante e 13,5 m à montante do aterro; (II) que a base da cava do aterro encontra-se em sedimentos predominantemente arenosos e/ou arenoargilosos, chegando

a um máximo de profundidade de 14,5 m; (III) que o material de empréstimo utilizado para cobrir as células de resíduos constitui-se de sedimentos areno-argilosos.

4.2 Caracterização do Solo da Camada de Base da CE

O solo da camada de base da CE pode ser classificado como areia fina silto-argilosa, apresentando:

(I) entre 18 - 25% de argila, 30 - 35% de silte, 22 - 28% de areia fina, 11 - 18% de areia média, 5 - 9% de areia grossa, 1 - 3% de pedregulho (Figura 42);

(II) Limite de Liquidez¹⁵ (LL) entre 26 - 28%, Limite de Plasticidade¹⁶ (LP) entre 13 - 17% e Índice de Plasticidade¹⁷ (IP) entre 11 - 15% (Figura 43);

(III) Umidade ótima entre 10,900 - 11,700% e massa específica seca entre 1,997 - 2,010 g/cm³ (Figura 44);

(IV) Permeabilidade a água entre 2,7 - 4,4 x 10⁻⁵ cm/s.

Como se observa, a fração predominante é a *areia*, vindo a seguir a fração *silte* e *argila*.

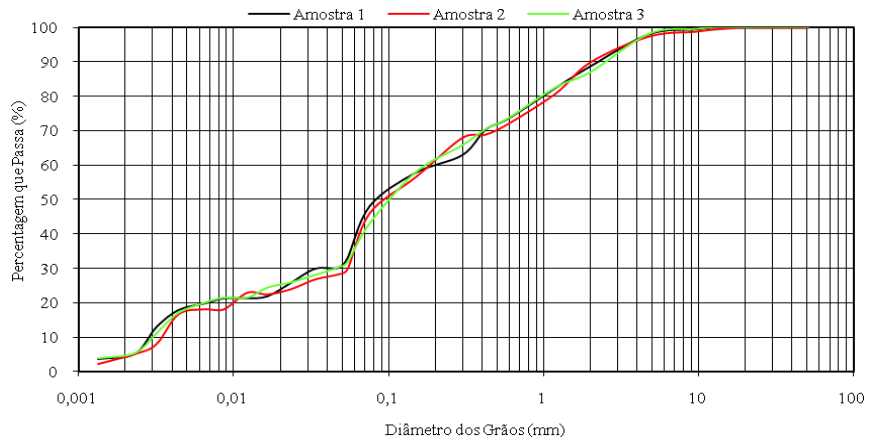
A subdivisão da fração arenosa mostrou uma predominância da parte fina sobre as demais, e em face dos valores obtidos o solo pode ser classificado como: areia fina silto-argilosa.

¹⁵ Limite de liquidez (LL): é o teor de umidade correspondente ao limite arbitrário entre os estados líquido e sólido de consistência do solo.

¹⁶ Limite de plasticidade (LP): é o teor de umidade correspondente ao limite arbitrário entre os estados plástico e sólido de consistência do solo.

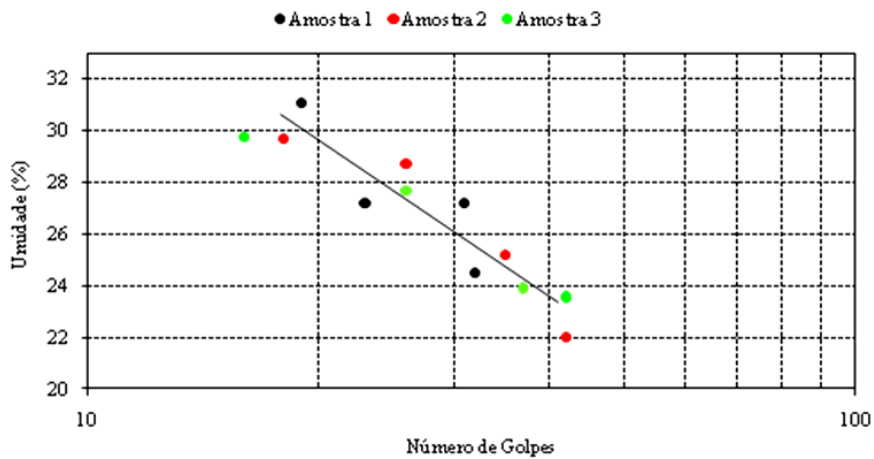
¹⁷ Índice de plasticidade (IP): é a diferença numérica entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade.

Figura 42 - Curvas granulométricas das amostras do solo da camada de base da CE, 2011



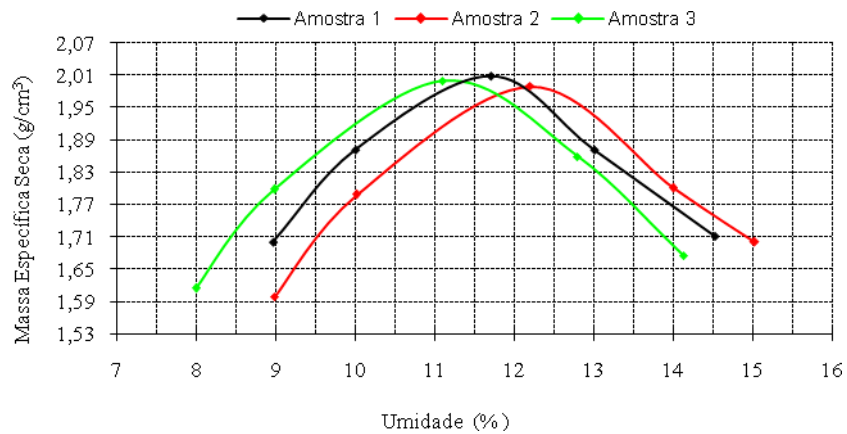
Fonte: do Autor (2012)

Figura 43 - Gráfico do limite de liquidez das amostras do solo da camada de base da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Figura 44 - Curva de compactação do solo de camada de base da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Os resultados encontrados nos ensaios granulométricos situaram-se dentro dos limites citados na literatura, como se observa na Tabela 10, respeitando as particularidades de cada solo, a qualidade da amostra e a forma como tais solos foram empregados em cada área de disposição de RSU estudada.

Tabela 10 - Dados granulométricos (solo da camada de base) encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Composição granulométrica (%)					
	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
Corrêa Sobrinho (2000) ¹	7,8	45,2	47,0			-
Ritter <i>et al.</i> (2002) ²	34	18	48			-
Maciel (2003) ³	27	24	23	24	1	1
Oliveira e Jucá (2004) ³	32	26	27	15	-	-
Franceschet <i>et al.</i> (2005) ⁴	7,8	45,2	47,0			-
Borba (2006) ⁵	23,3	15,5	10,7	17,5	27,0	6,0
	13,3	24,7	11,7	18,7	26,7	4,9
Catapreta (2008) ⁶	18	20	28			34
Dados encontrados	18 - 25	30 - 35	22 - 28	11 - 18	5 - 9	1 - 3

¹Aterro sanitário de Presidente Prudente (SP), ²Aterro sanitário de Pirai (RJ), ³Aterro sanitário experimental da Muribeca (PE), ⁴Solos utilizados em aterros sanitários de Santa Catarina, ⁵Aterro sanitário de Nova Iguaçu (RJ), ⁶Aterro sanitário experimental da CTR de Belo Horizonte (MG).

Fonte: do Autor (2012)

A Norma Brasileira 6502/95 da ABNT define cada componente granulométrico determinado nas amostras de solo estudadas da seguinte forma:

(a) argila: solo de granulação fina constituído por partículas com dimensões menores que 0,002 mm, apresentando coesão e plasticidade;

(b) silte: solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade, exibe baixa resistência quando seco o ar e formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm;

(c) areia: solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm;

(d) pedregulho: solo formado por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro compreendido entre 2,0 mm e 60 mm;

Quanto aos limites de consistência, o solo da camada de base pode ser classificado como medianamente plástico, já que seu Índice de Plasticidade (IP) está entre 7 e 15, ou seja, possui média capacidade de ser moldado.

Os resultados obtidos estão abaixo dos observados na literatura, como se observa na Tabela 11, onde foram encontrados valores do IP maior que 15 (solos altamente plásticos), exceto quando comparados aos dados obtidos por Corrêa Sobrinho (2000) e Franceschet *et al.* (2005).

Tabela 11 - Dados do limite de consistência (solo da camada de base) encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Limites de Consistência (%)		
	LL	LP	IP
Corrêa Sobrinho (2000)	21,1 - 29,45	12,38 - 15,93	6,56 - 16,84
Costa (2002) ¹	65	29	36
Ritter <i>et al.</i> (2002)	47,6	23	24,4
Lange <i>et al.</i> (2002) ²	69	43	-
Maciel (2003)	57	27	30
Prim <i>et al.</i> (2003) ³	86	56	30
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	67	-	14
Catapreta (2008)	38	23	15
Dados encontrados	26 - 28	13 - 17	11 - 15

¹Aterro sanitário de Sauípe (BA), ²Informação sobre o aterro sanitário não disponível, ³Aterro sanitário de Biguaçu (SC). Os demais já informados anteriormente.

Fonte: do Autor (2012)

Quanto aos resultados do ensaio de compactação Proctor Normal, foi encontrada umidade ótima abaixo dos dados observados na literatura, como se observa na Tabela 12, enquanto que os dados obtidos para a massa específica seca estão dentro dos intervalos referenciados.

Tabela 12 - Dados da curva de compactação (solo da camada de base) encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Curva de Compactação	
	Umidade ótima (%)	Massa específica seca (g/cm ³)
Corrêa Sobrinho (2000)	12,2 - 12,8	1,82 - 1,91
Lange <i>et al.</i> (2002)	33,8	2,75
Oliveira <i>et al.</i> (2002) ¹	-	2,299 - 2,692
Gomes <i>et al.</i> (2002) ²	50,63	1,61
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	36,0	2,223
Victor dos Santos (2008) ³	21,3	1,56
Catapreta (2008)	-	3,01
Dados encontrados	10,900 - 11,700	1,997 - 2,010

¹Informação sobre o aterro sanitário não disponível, ²Área de disposição de Presidente Lucena (RS), ³Área de disposição de Teresópolis (RJ). Os demais já informados anteriormente.

Fonte: do Autor (2012)

Em relação aos resultados da permeabilidade à água, também se observou semelhança com a literatura (Tabela 13), especialmente com os resultados obtidos por Ritter *et al.* (2002), Lange *et al.* (2002) e Pessin *et al.* (2002).

Tabela 13 - Dados da permeabilidade à água (solo da camada de base) encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Permeabilidade a água (cm/s)
Corrêa Sobrinho (2000)	$6,13 \times 10^{-6}$ e $7,71 \times 10^{-7}$
Ritter <i>et al.</i> (2002)	$2,07 \times 10^{-4}$ e $7,68 \times 10^{-5}$
Lange <i>et al.</i> (2002)	$2,0 \times 10^{-5}$ e $4,75 \times 10^{-5}$
Pessin <i>et al.</i> (2002) ¹	$2,89 \times 10^{-5}$ e $4,05 \times 10^{-5}$
Gomes <i>et al.</i> (2002)	$8,01 \times 10^{-4}$
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	$5,43 \times 10^{-7}$
Candiani (2011) ¹	$1,0 \times 10^{-5}$ a 10^{-7}
Dados encontrados	$2,7 - 4,4 \times 10^{-5}$

¹Célula piloto de RSU de Caxias do Sul (RS). ²Célula experimental construída no aterro sanitário de Caieiras (SP). Os demais já informados anteriormente.

Fonte: do Autor (2012)

A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento de água através dele. Os principais fatores que influenciam no coeficiente de permeabilidade são: granulometria, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, fluido, macro-estrutura e a temperatura.

Com o resultado obtido, o solo teria de *baixa a muito baixa* permeabilidade, considerando Terzaghi e Peck (1967) *apud* RITTER *et al.* (2002). Pela classificação de Gomes e Martins (2003), o solo utilizado encontra-se com baixo potencial de infiltração.

4.3 Análises Laboratoriais do Lixiviado da CE

A concentração de todas as variáveis físico-químicas analisadas aumentou da 1ª para a 5ª coleta, como se observa na Tabela 14. O pH, que representa a concentração de íons H^+ e indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio, variou de 5,63 a 6,56.

Tabela 14 - Resultados das análises laboratoriais das amostras de lixiviado da CE

Variável	Unidade	Datas de coleta				
		24/10/2011	02/12/2012	07/02/2012	31/05/2012	16/07/2012
pH	-	5,63	6,10	6,25	6,55	6,56
Cor aparente	uH	2540	3640	5000	5960	6001
Turbidez	uT	47,5	94,4	134,0	171,0	187,6
Condutividade	μ S/cm	21000	35200	42300	42900	43321
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	14280	28615	30362	39000	40111
Sólidos voláteis		211	222	227	301	303,6
Amônia		8,58	11,8	15,2	18,8	19,1
Nitrito		0,81	0,84	0,93	0,91	1,01
Nitrato		3,30	3,62	4,61	4,79	4,78
Fósforo total		8,62	10,6	11,6	12,1	12,2
DQO		4858	5275	6273	7005	7269
Ferro total		2,01	3,94	4,84	4,92	5,02
Alcanilidade total		28,3	69,3	122,3	139,7	141,3

Fonte: do Autor (2012)

Os resultados das variáveis físico-químicas indicaram que a CE está produzindo um lixiviado “novo” e que os resíduos enterrados encontram-se na fase ácida de digestão, onde é menor a geração de gás CH_4 .

Real (2005), ao revisar vários autores, apresenta que a fase ácida tem início entre 40 e 60 dias após o aterramento dos RSU e pode durar de 1 a 6 meses. Ainda segundo o autor,

a atividade microbiana típica desta fase envolve microrganismos anaeróbios formadores de ácidos orgânicos e hidrogênio.

Na fase ácida (PACHECO, 2004; BARBOSA DA SILVA, 2009) o lixiviado é altamente degradável, tem pH baixo, componentes inorgânicos em grandes quantidades, altas concentrações de DQO, nutrientes e metais pesados. Há ainda o aparecimento do hidrogênio no controle da natureza dos metabólicos intermediários e ocorrência de maus odores devido à liberação de gases como ácido sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3).

Para Giordano, Barbosa Filho e Carvalho (2011), se o pH está próximo de 6,0 indica que o lixiviado é "novo"; se próximo de 8,0, o lixiviado encontra-se na fase metanogênica, sendo considerado "velho". Entende-se também, desses autores, que o pH é fator influente nas demais características químicas do lixiviado, coordenando a aceleração ou retardamento das atividades enzimáticas, da solubilização de compostos e suas toxicidades.

Conforme Amorim da Silva *et al.* (2011), nos processos de degradação que se sucedem em um aterro sanitário, o pH pode ser entendido como o retrato da decomposição biológica da matéria orgânica, uma vez que o desenvolvimento dos microrganismos está diretamente relacionado às faixas de pH. Além disso, pH baixo, como encontrado nesta pesquisa, aumenta a disponibilidade de contaminantes.

Para Chernicharo (1997), a faixa de pH ótima ao desenvolvimento de algum tipo de microrganismo depende de suas próprias características e também do tipo de substrato metabolizado. Os microrganismos formadores de metano se desenvolvem satisfatoriamente em uma faixa de pH bem mais restrita (pH entre 6,6 e 7,4) que os de outros grupos, tais como os acidogênicos, capazes de tolerar valores de pH abaixo de 5,0.

Quanto à Turbidez, o lixiviado da CE apresentou variação de 47,5 a 187,6 uT, atestando o elevado grau de absorção e espalhamento da luz desse líquido, a presença de sólidos em suspensão, detritos orgânicos e a lavagem dos solos durante a percolação do lixiviado ao longo da coluna de resíduos sólidos, que arrasta siltes, argilas e microrganismos.

Como afirmam Amorim da Silva *et al.* (2011), no lixiviado, as partículas sólidas presentes são constituídas não só por frações de matéria orgânica, como por partículas de

materiais inertes não dissolvidos e carregados pelo percolado, que influenciam na entrada de luz.

O lixiviado da CE apresentou Cor Aparente variando de 2540 a 6001 uH. Esse parâmetro está associado à presença de sólidos dissolvidos, material em estado coloidal orgânico (ácido húmico, fúlvico e substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos) e inorgânico (óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo). Além disso, a presença de Ferro (2,01 → 3,94 → 4,84 → 4,92 → 5,02 mg/L) naturalmente produz uma elevação da cor (PIVELI e KATO, 2006), assim como a concentração dos Sólidos Dissolvidos Totais (14280 → 28615 → 30362 → 39000 → 40111 mg/L).

A Alcalinidade é outro parâmetro que pode confirmar a metanização do lixiviado. Quanto mais alta, maior a transformação da matéria orgânica em CO₂. Além disso, Lo (1996) *apud* CASTILHOS JÚNIOR *et al.* (2003) explica que haverá uma maior produção desse gás quando a umidade no interior da massa de resíduos sólidos urbanos for baixa.

No lixiviado da CE houve aumento na concentração da Alcalinidade entre as coletas (28,3 → 69,3 → 122,3 → 139,7 → 141,3 mg/L) e, apesar dos resultados estarem abaixo dos encontrados na literatura que se refere a lixiviado "novo", confirmam que a CE não está em digestão metanogênica (Fase IV). Justificam também esse quesito duas constatações: (I) os baixos valores do pH, que por sua vez permitem estimar que há uma Alcalinidade por bicarbonato, e (II) a maior concentração de CO₂ medida no dreno central e nos fluxos da camada de cobertura.

Para Chernicharo (1997), a degradação de certos compostos orgânicos pode resultar no incremento da alcalinidade do meio - por exemplo, conversão de ácidos graxos voláteis intermediários, proteínas e aminoácidos, com a formação de bicarbonatos.

A elevada presença de cátions e ânions no lixiviado é outra característica marcante e estes podem ser medidos indiretamente pela Condutividade elétrica (capacidade da água em conduzir corrente elétrica).

No lixiviado da CE houve aumento da Condutividade entre as coletas (21000 → 35200 → 42300 → 42900 → 43321 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e o próprio processo de percolação desse líquido no interior da CE contribui para essa elevação, já que há lavagem dos resíduos sólidos e dos solos, solubilizando minerais. Segundo Lauer mann (2007), a condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes, sendo críticos níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A hidrólise de proteínas, cianato e uréia presentes na matéria orgânica dos resíduos sólidos aterrados somada a decomposição dos produtos descartados em aterros feitos a base de petróleo, pelo calor, resultam na liberação da amônia. Em aterros, a concentração de amônia aumenta com o tempo de biodegradação, sendo maior no lixiviado “velho”.

Os resultados encontrados mostram que houve aumento de concentração dessa variável entre as coletas, 8,58 → 11,8 → 15,2 → 18,8 → 19,1 mg/L, mas estão abaixo dos valores encontrados na literatura, confirmando que os RSU da CE estão na fase inicial de digestão. Em função do meio ácido existente na CE, a amônia deve estar presente na forma ionizada (NH_4^+) e menos tóxica.

A presença de amônia indica uma poluição recente (LAUERMAN, 2007), sendo esse o estágio de digestão dos resíduos sólidos da CE, inclusive, porque foram baixos os valores das concentrações de nitrito (0,81 → 0,84 → 0,93 → 0,91 → 1,01 mg/L) e nitrato (3,30 → 3,62 → 4,61 → 4,79 → 4,78 mg/L), que representariam avançado processo de oxidação biológica por bactérias do grupo nitrossomonas e nitrobacter, respectivamente (poluição antiga).

As concentrações de Fósforo total no lixiviado da CE (8,62 → 10,6 → 11,6 → 12,1 → 12,2 mg/L) podem ter relação com os resquícios existentes nas embalagens dos detergentes¹⁸ superfosfatados empregados em larga escala domesticamente, com a própria matéria fecal¹⁹ rica em proteínas e com os demais vasilhames de químicos em geral, conservas alimentícias etc. presentes na massa de resíduos destinada para a CE. O fósforo,

¹⁸ Como será mostrado na Tabela 13, em média, 3,2% (em massa) dos resíduos destinados a CE foram classificados como "plástico rígido" e as embalagens de detergentes estavam presentes nesse grupo.

¹⁹ Como será mostrado na Tabela 13, em média, 8,4% (em massa) dos resíduos destinados a CE foram classificados como "fralda" e nelas certamente havia material fecal.

assim como o nitrogênio, é exigido como macronutriente para os processos biológicos, crescimento e reprodução de organismos que promovem a degradação da matéria orgânica.

A DQO, parâmetro indispensável nos estudos de caracterização da carga poluidora, também sofreu aumento decorrer das coletas (4858 → 5275 → 6273 → 7005 → 7269 mg/L) e as variações em função do tempo de aterramento expressam, de forma indireta, o rendimento da atividade microbiana ativa. Para o IBAM (2001), a principal característica do lixiviado é a variabilidade de sua composição em decorrência do esgotamento progressivo da matéria orgânica biodegradável.

O teor de Sólidos Voláteis, entendidos como a porção que se perde após a ignição ou calcinação da amostra, pouco aumentou de concentração entre as coletas (211 → 222 → 227 → 301 → 303,6 mg/L), mostrando a resistência dos resíduos sólidos da CE ao processo natural de degradação. O baixo teor de umidade dos resíduos sólidos estudados (média das dez amostras variando entre 15,1 a 37,7%) também deve ter relação com essa resistência, já que a água é um solvente.

De acordo com Tchobanoglous e Kreith (2002) *apud* AMORIM DA SILVA *et al.* (2011), os ácidos voláteis são excelentes indicadores do grau de degradabilidade e dos processos anaeróbios, pois são gerados na fase acidogênica e consumidos na fase metanogênica.

Na literatura, são encontrados trabalhos que realizaram caracterização físico-química de lixiviado enquadrado como “novo”, como se observa da Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados das análises laboratoriais de lixiviado “novo” encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Variáveis físico-químicas					
	1	2	3	4	5	6
Araújo (2001)	7,2	-	18750	14300	13	7970
Borges, Silva e Campos (2002)	-	2454	-	16810	-	2520
Iwai (2005)	7,9	-	-	12270	-	6830
Giordano <i>et al.</i> (2002)	-	2500	10276	-	-	3275
Iwai, Hamada e Castilho Filho (2005)	7,9	-	-	12270	-	3560
Ferraz <i>et al.</i> (2011)	-	-	26600	11542	-	3470
Lins <i>et al.</i> (2011)			29104	17306	12,3	
Candiani (2011)	7,51	-	-	15408	-	4180

1: pH, 2: Cor, 3: Condutividade, 4: Sólidos totais, 5: Fósforo total, 6: DQO

Fonte: do Autor (2012)

Apesar das semelhanças entre os resultados de alguns parâmetros, permanece a afirmativa de que cada lixiviado tem composição típica do local investigado, devido às questões relacionadas à quantidade de água presente nos resíduos sólidos²⁰, natureza do sistema de impermeabilização da área de disposição²¹, composição²² e grau de compactação dos RSU²³, sua fase de digestão, dentre outros.

Para Corrêa *et al.* (2011), a divisão entre lixiviado "novo" e "velho" é grosseira, já que o lixiviado de cada aterro é específico e sua característica pode mudar em função do tempo e de intervenções que venham a ocorrer no aterro.

4.4 Composição Gravimétrica

Os resíduos sólidos destinados à CE possuíam a seguinte composição física: restos de alimentos (35,8%), outros (12,6%), plástico flexível (12,4%), fralda (8,4%), trapos (7,7%), papel (4,8%), plástico rígido (3,2%), resíduo de jardim (3,0%), papelão (1,9%), jornal (1,8%), PET (1,5%), vidro escuro (1,4%), embalagem cartonada (1,4%), ferro (0,8%), vidro claro

²⁰ A quantidade de água existente nos resíduos pode ditar o aumento ou a diluição das concentrações químicas, por exemplo.

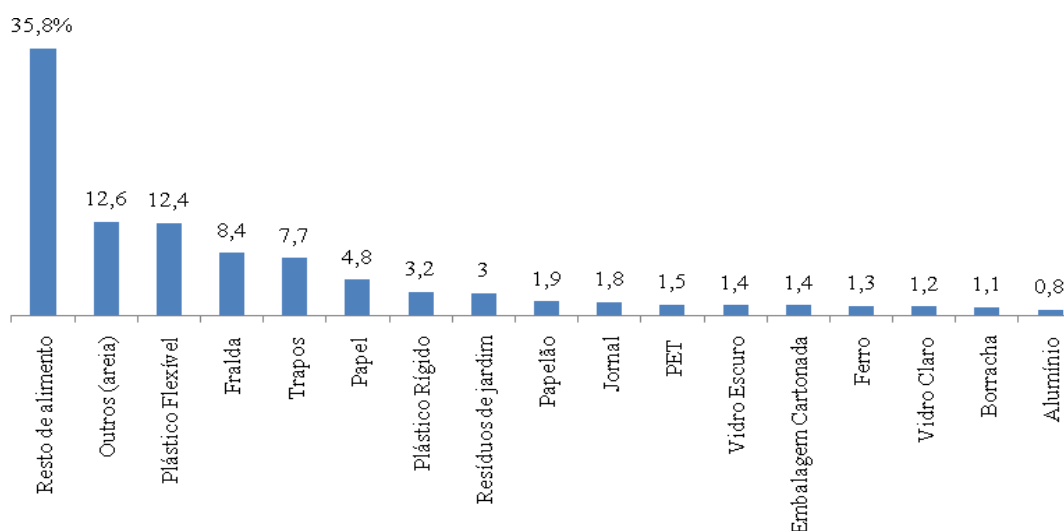
²¹ Uma camada de cobertura de um aterro sanitário feita com um solo mais permeável certamente irá favorecer a infiltração das águas de chuva com conseqüente aumento da produção de lixiviado e o contrário deve acontecer quando são empregados solos de menor permeabilidade.

²² A composição dos resíduos é um indicativo da qualidade e quantidade de lixiviado, sendo, esta, função da participação percentual de cada fração (facilmente, moderadamente, dificilmente degradável, não degradável) existente na massa de resíduos aterrados.

²³ Resíduos mais compactados apresentam um menor número de espaços vazios, antecipam a digestão anaeróbia e se degradam mais facilmente em função do aumento da temperatura da massa.

(1,2%), borracha (1,1%) e alumínio (0,8%). A Figura 45 mostra essa distribuição percentual e a Tabela 16 o comportamento de cada componente ao longo dos cinco ensaios.

Figura 45 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Tabela 16 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011

Componente	% em massa da amostra de 200 kg					Média
	1º ensaio	2º ensaio	3º ensaio	4º ensaio	5º ensaio	
Resto de alimento	36,8	36,1	36,1	36,4	33,8	35,8
Outros (areia)	11,1	12,3	12,0	13,3	14,5	12,6
Plástico Flexível	12,3	13,0	12,0	12,4	12,1	12,4
Fralda	8,7	7,9	8,5	8,1	8,8	8,4
Trapos	8,3	7,6	7,4	8,2	6,9	7,7
Papel	5,3	4,7	4,4	4,3	5,1	4,8
Plástico Rígido	2,8	3,4	3,2	3,3	3,5	3,2
Resíduos de jardim	3,3	3,5	3,1	1,9	3,2	3,0
Papelão	1,5	1,4	2,1	2,0	2,2	1,9
Jornal	1,9	1,7	2,0	1,5	2,1	1,8
PET	1,5	1,3	2,0	1,4	1,5	1,5
Vidro Escuro	1,5	1,3	1,6	1,5	0,9	1,4
Embalagem Cartonada	1,4	1,4	1,1	1,5	1,4	1,4
Ferro	1,3	1,3	1,3	1,4	1,1	1,3
Vidro Claro	0,8	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2
Borracha	0,9	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1
Alumínio	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	0,8

Fonte: do Autor (2012)

Observou-se que houve uma maior dispersão entre os dados da participação (%) do componente “outros” (Desvio padrão: 1,3), seguido do resto de alimento (Desvio padrão: 1,2) e menor dispersão entre os dados (%) do componente ferro e alumínio (mesmo Desvio padrão: 0,1).

Considerando os componentes investigados observou-se que os resultados encontrados por Santos e Mota (2010)²⁴ foram maiores (%) que os encontrados nesta pesquisa, em relação aos itens: resto de alimento, papel, papelão, plástico rígido, embalagem cartonada, metais e borracha. O inverso aconteceu com três componentes: vidro, trapos e outros. Os demais itens não são passíveis de comparação, já que foram investigados em apenas um dos dois trabalhos. Em linhas gerais, essas mudanças mostram a variabilidade temporal da composição dos RSU.

Como se observa em IBAM (2001), o conhecimento detalhado sobre as características físicas dos RSU é vantajoso, não só para a empresa responsável por um aterro sanitário, mas para o planejamento do sistema de gerenciamento como um todo. Este conhecimento pode auxiliar na estimativa das quantidades a coletar em cada região da cidade, no dimensionamento de veículos de coleta e estações de transferência, na implementação de programas de coleta seletiva, reciclagem e compostagem, na fabricação de inibidores de cheiro etc.

Outros trabalhos realizados em Fortaleza sobre o tema foram elaborados pela Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização - EMLURB (1997), Firmeza (2005), Lessa e Mota (2007). Porém, é praticamente impossível realizar uma comparação dos resultados aqui alcançados com todos os dados dos autores, em função: (1) das diferentes metodologias adotadas; (2) das diferenças entre os tipos de resíduos investigados. Além disso, os trabalhos citados amostraram RSU nas ruas enquanto que este estudo foi realizado com o que chega ao aterro sanitário. Mesmo assim:

(A) EMLURB (1997) encontrou 47,19% de matéria orgânica, 14,56% de papel/papelão, 10,69% de plástico, 4,71% de outros, 4,18% de tetra pak (embalagem cartonada), 3,92% de metais, 2,33% de madeira e 2,15% de vidro.

²⁴ Trabalho realizado com 23 amostras de resíduos sólidos domiciliares de 200 kg cada no interior do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC)

(B) Considerando os componentes investigados por Firmeza (2005), pôde-se extrair, para efeito comparativo, que o autor encontrou 45,49% de matéria orgânica. Entre os recicláveis, o autor observou 8,84% de vidro, 7,23% de metais, 32,53% de papel e 50,89% de plástico.

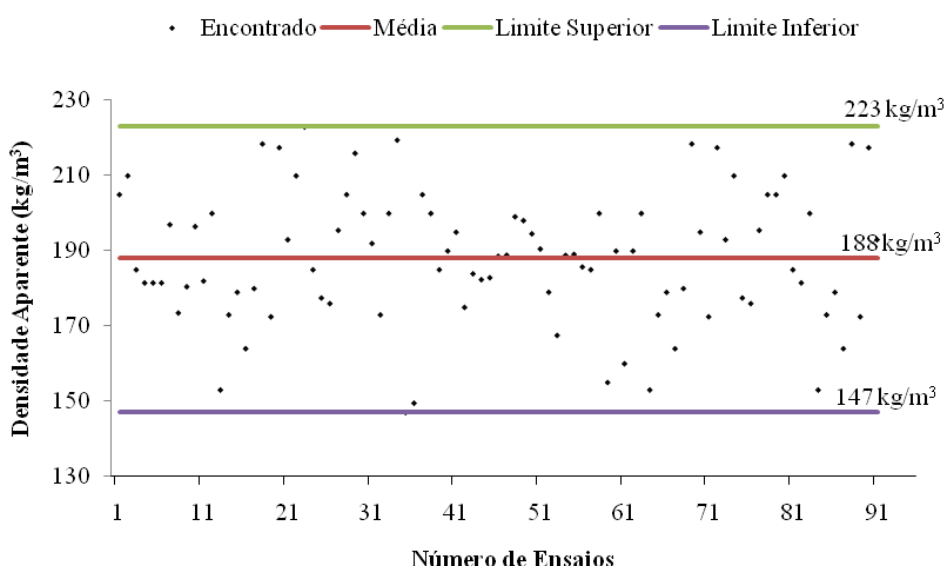
(C) Lessa e Mota (2007) encontraram 46,4% de matéria orgânica, 9,7% de plástico, somando plásticos moles e duros, 4,1% de filme, somando resíduos sólidos domiciliares com resíduos comerciais, 3,7% de trapos, 3,1% de papel, 2,7% de vidro, 2,5% de metais, somando ferro, aço e alumínio e 2,2% de borracha.

4.5 Densidade Aparente

A densidade aparente média dos RSU despejados fora da CE foi de 188 kg/m^3 , mostrando que eles receberam apenas a compactação do veículo coletor e ressaltando a importância do rigor no processo de compactação destes quando colocados dentro da CE, para se alcançar o triplo da massa por m^3 (desejável).

A Figura 46 mostra o comportamento da densidade aparente dos resíduos sólidos destinados à CE.

Figura 46 - Valores da densidade aparente dos resíduos sólidos destinados a CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o menor valor encontrado foi 147 kg/m³ e o maior 223 kg/m³. Os resultados da densidade aparente que mais se repetiu durante os ensaios foi 200 kg/m³ (Moda), e a dispersão (Desvio padrão) entre os dados foi igual a 18 (Dados no Apêndice C).

Segundo Catapreta (2008), a compactação dos RSU é o principal parâmetro a ser controlado dentre os aspectos operacionais dos aterros sanitários, dada a sua importância, tanto no que se refere à otimização da disposição, quanto da melhoria de propriedades geomecânicas dos resíduos.

Quanto maior a compactação dos resíduos menor a presença de oxigênio na massa, o que, sob esse aspecto, diminui o processo aeróbio, tendo como consequência uma possível antecipação na produção de metano (BORBA, 2006). Boa compactação aumenta a produção de biogás (MACIEL, 2003; GUEDES, 2007) e favorece o processo de decomposição biológica (BRITO FILHO, 2005).

A densidade aparente encontrada está no intervalo observado na literatura, como se constata na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores da densidade aparente (kg/m³) de resíduos sólidos encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Densidade Aparente (kg/m³)	Número de amostras
Mercedes (1997)	150	80
Lima e Surluiga (2000)	163,98 - 253,18	200
Carneiro <i>et al.</i> (2000)	238,38	20
Rocha (2005)	122,8 - 167,9	16
COMLURB (2005)	146,55	510
Tabalipa e Fiori (2006)	262,8	04
Cunha e Carneiro (2007)	175,5	-
Neide de Magalhães (2008)	176 - 236	-
Peixoto Filho <i>et al.</i> (2008)	135,8	-
RECESA (2009)	200	-
LIMPURB (2010)	151,00 - 228,11	10
Silva e Santos (2010)	231	-
Nagashima <i>et al.</i> (2011)	201,83	08
Dados encontrados	147 - 223	90

Fonte: do Autor (2012)

Em estudos sobre RSU, o (re)conhecimento dessa característica física tem grande importância para (i) previsão da vida útil de uma área de disposição, (ii) estimativa ou determinação da estabilidade dos maciços de resíduos sólidos, (iii) os procedimentos de compactação e seleção dos melhores equipamentos.

O processo de compactação permite ainda uma redução volumétrica que gera maior estabilidade do maciço e aumento da vida útil do aterro sanitário. Assim, os RSU recém espalhados na frente de serviço passam a ter pesos específicos maiores à medida que sofrem compactação.

Certamente, o alcance de pesos específicos maiores depende de vários fatores: modo de operação do aterro sanitário, comportamento de cada componente dos resíduos frente à pressão do equipamento, fase de decomposição, existência ou não de líquidos e gases (questões relacionadas a poro-pressões), número de passadas, espessura da camada de RSU etc.

Conforme o IBAM (2001), para uma boa compactação, o espalhamento do lixo deverá ser feito em camadas não muito espessas (máximo de 50 cm), com o trator efetuando de três a seis passadas sobre a massa de resíduos. Johannessen (1999) recomenda camada de resíduos de 30 a 50 cm. Catapreta (2008) recomenda não mais do que 60 cm. Já Lange *et al.* (2002) aplicaram camadas de 30 cm.

4.6 Teor de Umidade

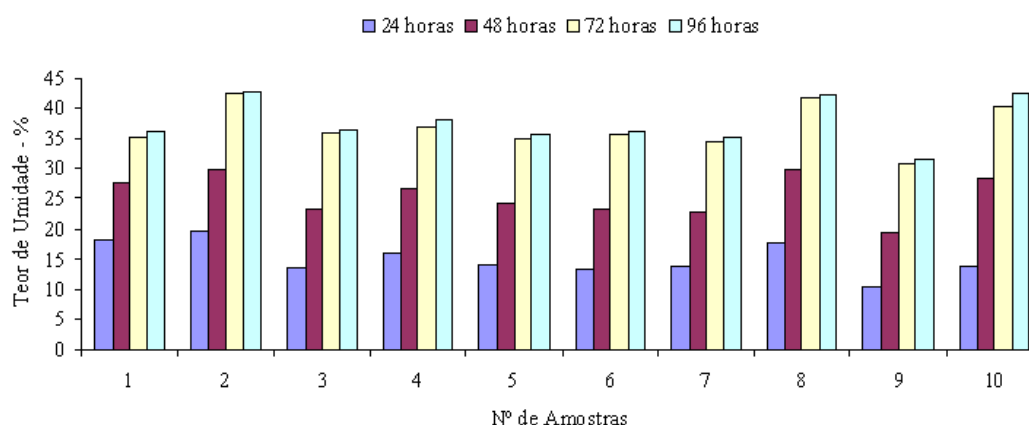
A literatura recomenda que o encerramento da análise do teor de umidade em resíduos sólidos aconteça quando o peso da amostra atingir uma constante ou tendência e neste trabalho o encerramento se deu após quatro pesagens ou quatro dias.

O teor de umidade presente nos resíduos sólidos, após 24 horas no interior da Estufa (1ª pesagem) variou de 10,5% (amostra nº9) a 19,6% (amostra nº2) e a média das dez amostras analisadas ao mesmo tempo na Estufa foi 15,1%. Os demais resultados estão na Tabela 18 e representados na Figura 47.

Tabela 18 - Redução dos teores de umidade (%) nos resíduos sólidos destinados a CE, 2011

Nº da Amostra	Teor de Umidade (%)			
	Após 24 horas	Após 48 horas	Após 72 horas	Após 96 horas
1	18,3	27,7	35,3	36,1
2	19,6	29,8	42,6	42,8
3	13,6	23,1	35,8	36,5
4	16,1	26,7	37,0	38,0
5	14,0	24,2	35,1	35,5
6	13,2	23,2	35,7	36,2
7	13,9	22,8	34,4	35,4
8	17,7	29,7	41,6	42,3
9	10,5	19,4	31,0	31,5
10	13,7	28,4	40,4	42,4
Média	15,1%	25,5%	36,9%	37,7%

Fonte: do Autor (2012)

Figura 47 - Comportamento dos teores de umidade (%) dos resíduos destinados a CE, 2011

Fonte: do Autor (2012)

O teor de umidade presente nos resíduos sólidos, após 48 horas (2ª pesagem) variou de 19,4% (amostra nº9) a 29,8% (amostra nº2) e a média das dez amostras foi 25,5%. Já o teor de umidade após 72 horas (3ª pesagem) variou de 31,0% (amostra nº9) a 42,6% (amostra nº2) e a média das dez amostras foi 36,9%.

Por fim, o teor de umidade presente nos resíduos sólidos após 96 horas (4ª pesagem) variou de 31,5% (amostra nº9) a 42,8% (amostra nº2) e a média das dez amostras

foi 37,7%, mostrando pouca diferença (%) para o resultado obtido no ensaio anterior (com 72 horas), e indicando o fim do ensaio.

Os resultados alcançados estão abaixo dos encontrados na literatura, como se observa na Tabela 19 e indicam que os RSU destinados à CE são classificados como *secos*.

Tabela 19 - Valores do teor de umidade de resíduos sólidos encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Teor de umidade (%)	Tamanho da Amostra (g)
Mercedes (1997)	60	-
Colmanetti (2000)	58	2000
Lima e Surliuga (2000)	45,36 a 70,20	-
Lima <i>et al.</i> (2002)	40 a 70	100
Libânio (2002)	44,8 a 62,2	1000
Carvalho (2002)	16,94 a 53,93	-
Cipriano e Lacava (2004)	67,95	1000
Britto (2006)	59,6	-
COMLURB (2005)	50,11	9000
COMLURB (2009)	45,43 a 61,35	
Cançado <i>et al.</i> (2011)	50 - 60	300
Candiani (2011)	60,90	1000
Dados encontrados	31,5 - 42,8	1000

Fonte: do Autor (2012)

Baixa umidade implica em um processo de digestão mais lento, com menor geração de gases, já que a água é transporte difuso de bactérias e nutrientes.

Libânio (2002), ao se reportar à literatura, afirma que a faixa ótima de umidade, correspondente às condições nas quais a biodigestão anaeróbia da fração putrescível se processa em taxa elevada, é igual a 50 - 70% (ideal para ocorrer a metanogênese). Assim, o teor de umidade encontrado nesta pesquisa prejudicou o rendimento da digestão.

Como explicam Castilhos Júnior *et al.* (2003), o processo de degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos é um fenômeno constituído essencialmente pela superposição de mecanismos biológicos e físico-químicos, catalisados pelo fator água, presente nos resíduos pela umidade inicial e pelas águas das precipitações que ocorrem quando estes estão dispostos em aterro sanitário.

4.7 Caracterização do Solo da Camada de Cobertura da CE

O solo da camada de cobertura da CE pode ser classificado como areia fina silto-argilosa, apresentando:

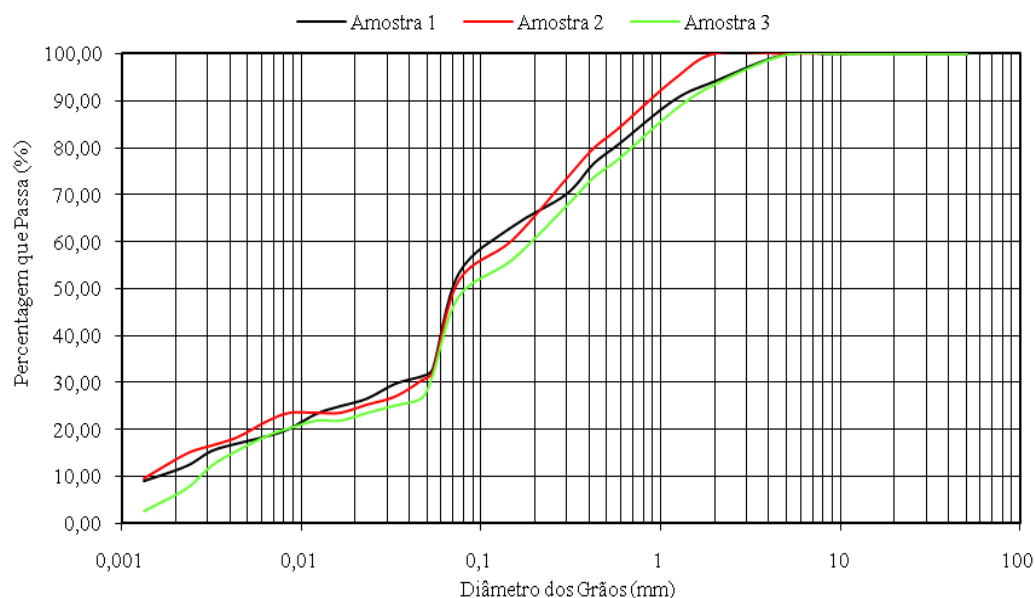
(I) entre 23 - 29% de argila, 30 - 35% de silte, 18 - 24% de areia fina, 11 - 18% de areia média, 4 - 5% de areia grossa, 1 - 4% de pedregulho (Figura 48);

(II) Limite de Liquidez (LL) entre 27 - 31%, Limite de Plasticidade (LP) entre 13 - 17% e Índice de Plasticidade (IP) entre 12 - 15% (Figura 49);

(III) Umidade ótima entre 11,100 - 12,200% e massa específica seca entre 1,989 - 2,008 g/cm³ (Figura 50);

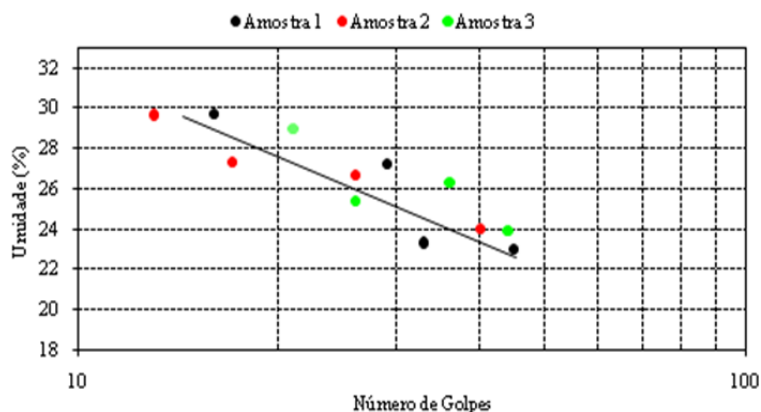
(IV) Permeabilidade à água entre 2,0 - 3,4 x 10⁻⁵ cm/s.

Figura 48 - Curvas granulométricas das amostras do solo da camada de cobertura da CE, 2011



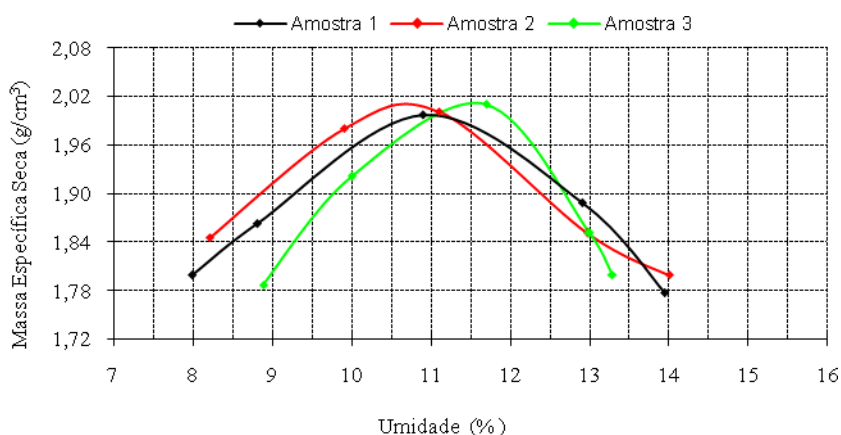
Fonte: do Autor (2012)

Figura 49 - Limite de liquidez das amostras do solo da camada de cobertura da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Figura 50 - Curva de compactação do solo de camada de cobertura da CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Os resultados obtidos nos ensaios granulométricos do solo empregado na cobertura da CE estão dentro dos limites constantes da literatura, como se observa na Tabela 20.

Conforme entendido em publicação do IPT (2000), o sistema de cobertura tem a função de proteger a superfície das células de resíduos sólidos, eliminar a proliferação de vetores, diminuir a taxa de formação de líquidos percolados, reduzir a exalação de odores, impedir a catação, permitir o tráfego de veículos coletores sobre o aterro, eliminar a queima de resíduos e a saída descontrolada do biogás.

Tabela 20 - Dados granulométricos da camada de cobertura de aterro encontrados na literatura

Autor(es)/Ano	Composição granulométrica (%)					
	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
A	16	18	43			24
	57	10,3	32,8			-
B	23,3	55,7	21,1			-
C	10,3 - 24,8	25 - 44	33 - 52			1,6 - 14,8
D	13,8	31,8	16,8	19,3	15,4	2,9
E	21,2 - 49,1	10,9 - 28,1	34,5 - 50,1			1,8 - 3,3
F	46 - 49	24 - 30	17 - 23			4 - 8
G	16	21	17	26	17	3
H	5,5 - 36,9	9,1 - 37,1	25,6 - 54,6	8,3 - 35,6	0,4 - 7,1	-
Dados encontrados	23 - 29	30 - 35	18 - 24	11 - 18	4 - 5	1 - 4

A: Brito Filho (2005) - Aterros de Nova Iguaçu e Terra Brava (RJ), B: Franceschet *et al.* (2005), C: Freitas Magalhães *et al.* (2005) - Aterro de Belo Horizonte (MG), D: Huse (2007) - Aterro de Nova Iguaçu (RJ), E: Tozetto (2008) - Aterro de Curitiba (PR), F: Catapreta (2008), G: Lopes dos Santos (2009) - Aterro Morro do Céu (RJ), H: Soares *et al.* (2011) - Aterro de São Leopoldo (RS).

Fonte: do Autor (2012)

Quanto aos limites de consistência, o solo da camada de cobertura pode ser classificado como medianamente plástico ($7 < IP < 15$), ou seja, possui média capacidade de ser moldado. Esses resultados estão dentro dos obtidos na literatura (Tabela 21).

Tabela 21 - Dados da literatura dos limites de consistência da camada de cobertura de aterro

Autor(es)/Ano	Limites de Consistência (%)		
	LL	LP	IP
Lins (2003) ¹	49 - 55	-	29 - 36
Freitas Magalhães <i>et al.</i> (2005)	29 - 43	15 - 32	10 - 19
Brito Filho (2005)	75,3	33,99	41,4
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	56	-	11
Huse (2007)	44,5	21,12	-
Catapreta (2008)	43 - 49	29 - 30	13 - 20
Lopes dos Santos (2009)	32	18	14
Lúcia Lopes <i>et al.</i> (2011)	42	-	13
Soares <i>et al.</i> (2011)	25,23 - 27,42	20,36 - 24,84	1,0 - 6,6
Dados encontrados	27 - 31	13 - 17	12 - 15

¹Aterro experimental da Muribeca (PE).

Fonte: do Autor (2012)

Quanto aos resultados do ensaio de compactação Proctor Normal, foi encontrada umidade ótima abaixo dos dados observados na literatura (Tabela 22), enquanto que os obtidos para a massa específica seca estão acima dos intervalos referenciados, exceto para Franceschet *et al.* (2005).

Tabela 22 - Dados da curva de compactação (camada de cobertura de aterro) na literatura

Autor(es)/Ano	Curva de Compactação	
	Umidade ótima (%)	Massa específica seca (g/cm ³)
Lins (2003)	-	1,501 - 1,584
Brito Filho (2005)	28,18	1,44
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	32,1	2,319
Huse (2007)	24,5	1,52
Catapreta (2008)	-	2,78 - 2,85
Lopes dos Santos (2009)	14,1	1,760
Soares <i>et al.</i> (2011)	-	2,38 - 2,74
Dados encontrados	11,100 - 12,200	1,989 - 2,008

Fonte: do Autor (2012)

Em relação aos resultados da permeabilidade à água, também se observou maior semelhança com o resultado de Tozetto (2008), em relação aos outros pesquisadores, como se observa na Tabela 23.

Tabela 23 - Permeabilidade à água (camada de cobertura de aterro) encontrada na literatura

Autor(es)/Ano	Permeabilidade a água (cm/s)
Brito Filho (2005)	$5,27 \times 10^{-7}$
Tozetto (2008)	$1,8 - 7,4 \times 10^{-5}$
Franceschet <i>et al.</i> (2005)	$4,11 \times 10^{-7}$
Dados encontrados	$2,0 - 3,4 \times 10^{-5}$

Fonte: do Autor (2012)

A partir do resultado obtido nesta pesquisa o solo tem de *baixa a muito baixa* permeabilidade, considerando Terzaghi e Peck (1967) *apud* RITTER *et al.* (2002). Pela classificação de Gomes e Martins (2003), o solo utilizado encontraria-se com baixo potencial de infiltração.

RECESA (2008) afirma que os materiais a serem utilizados devem ser impermeáveis, resistentes a processos erosivos e com características de fertilidade adequadas ao estabelecimento de vegetação.

4.8 Emissões de Gases no Dreno Central

4.8.1 Análise Geral

Os gases gerados na CE e emitidos pelo dreno central, na primeira campanha, foram compostos, em média, por 14,7% de CO₂, 8,0% de CH₄, 11,4% de O₂ e 65,9% de outros gases²⁵, identificados desta forma pelo equipamento GEM2000.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração (%) dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução na concentração dos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 19,0% de CO₂, 11,8% de CH₄, 8,7% de O₂ e 60,4% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 24.

Tabela 24 - Resultados das concentrações dos gases no dreno para as duas campanhas

Variável Calculada (%)	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	8,1	12,0	14,1	19,0	12,0	8,0	66,0	60,1
Mínimo	6,0	9,5	12,0	16,9	9,0	7,3	61,8	55,4
Máximo	10,0	14,0	17,0	22,0	13,6	10,2	70,8	65,0
Desvio padrão	0,8	1,2	0,9	1,1	0,7	0,8	1,5	2,0
Comportamento entre as Campanhas								
Aumento da Média	0,5 X		0,3 X		-		-	
Redução da Média	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

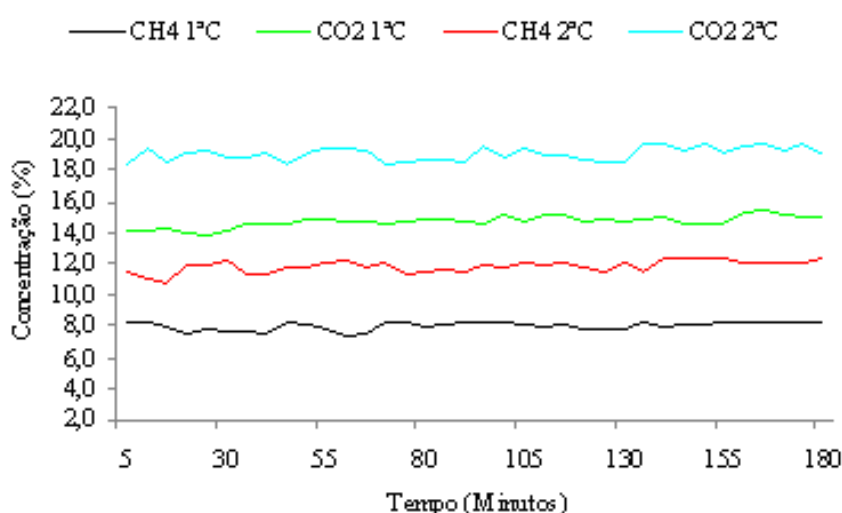
Como se observa na Tabela 24, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1ªC) e 12,0% (2ªC), para o CO₂ foi 14,1 e 19,0% e para O₂ foi 12,0 e 8,0%. Observou-se ainda que a menor

²⁵ Exemplos de outros gases presentes na composição do gás de aterro: azoto, gás sulfídrico, amoníaco, mercaptanas sulfuradas, propano, butano, tolueno, benzeno (CASTILHOS JÚNIOR, GOMES e PESSIN, 2003).

concentração de CH₄ foi 6,0 (1^aC) e 9,5% (2^aC) e a maior 10,0 (1^aC) e 14,0% (1^aC). Para o CO₂ (menores valores: 12,0 e 16,9%; maiores valores: 17,0 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 9,0 e 7,3%; maiores valores: 13,6 e 10,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra. A Figura 51 mostra o comportamento das concentrações do CH₄ e do CO₂ no dreno ao longo do monitoramento.

Figura 51 - Concentração (%) de CH₄ e CO₂ no dreno central da CE (análise geral)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha.

A concentração emitida dos dois gases de interesse teve um comportamento semelhante a uma *constante* nas duas campanhas, apesar dos aumentos e reduções típicas das flutuações dos drenos dos aterros sanitários. Todas as equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo tempo de monitoramento, como se observa na Tabela 25.

Tabela 25 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno central da CE

Gases	Campanha	Equações da reta
CH ₄	1 ^a C	$y = 0,0112x + 7,7837$ e $R^2 = 0,2093$
	2 ^a C	$y = 0,0216x + 11,423$ e $R^2 = 0,3192$
CO ₂	1 ^a C	$y = 0,0244x + 14,276$ e $R^2 = 0,4908$
	2 ^a C	$y = 0,0159x + 18,756$ e $R^2 = 0,1628$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

As concentrações de CH₄ e CO₂ observadas na CE durante as campanhas podem, num primeiro momento, parecer bem abaixo dos resultados encontrados na literatura nacional (ENSINAS, 2003; MACIEL, 2003; BRITO FILHO, 2005; REAL, 2005; PIEROBON, 2007; FERNANDES, 2009), mas são compatíveis com as seguintes condições: (I) fase de digestão dos RSU: ácida; (II) tempo de aterramento: < 2 anos; (III) altura da coluna de resíduos: 4,0m; (IV) percentual de componentes classificados como facilmente degradável (35,8%): baixo. Além disso, os aterros estudados pelos autores supracitados são muito maiores que a CE, como se observa na caracterização geral consolidada na Tabela 26, devendo considerar-se a influência da quantidade e qualidade dos RSU na geração e composição de gases.

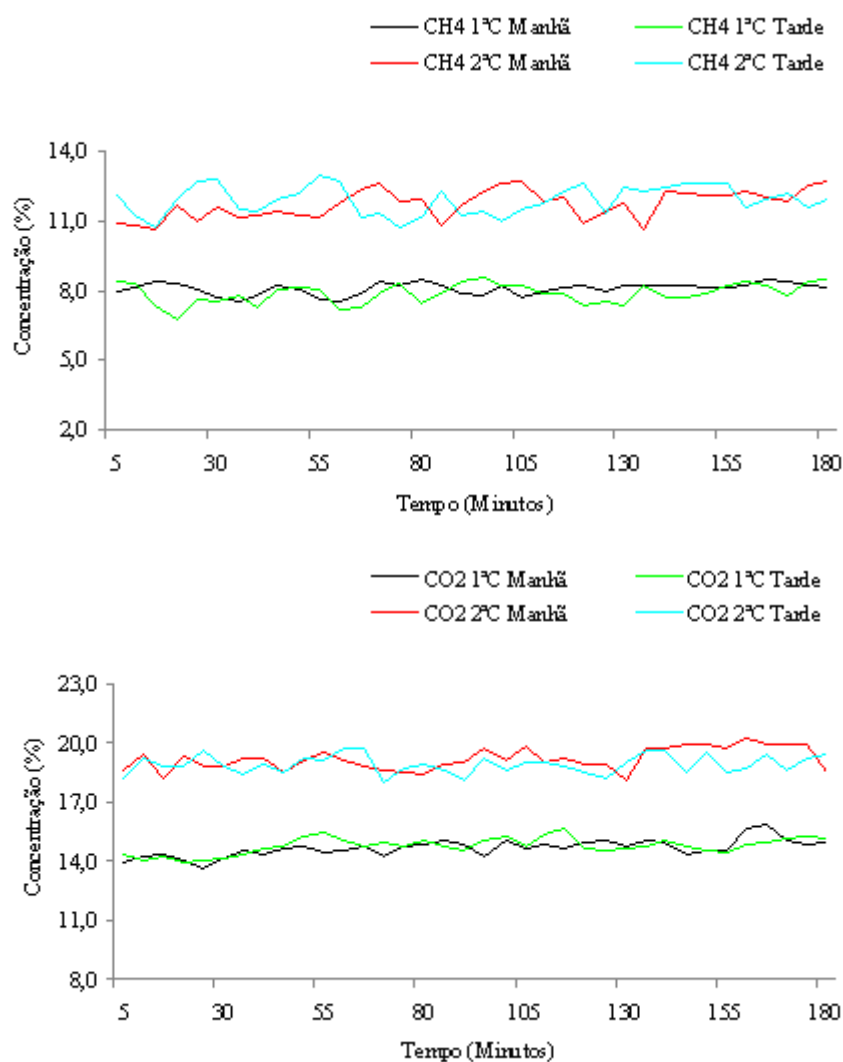
Tabela 26 - Composição dos gases de aterro encontrada na literatura nacional

Autor/ano	Características	Composição %	
		CH ₄	CO ₂
Ensinas (2003)	aterro: Delta, cidade: Campinas (SP), área: 25,7 ha, quantidade de RSU: 800 Ton./dia.	55,13	44,16
Maciel (2003)	aterro: Muribeca, cidade: Jaboatão dos Guararapes (PE), área: 60 ha, quantidade de RSU: 3.000 Ton./dia, altura das células: 25 e 40m.	35	17
Brito Filho (2005)	aterro: Terra Brava, cidade: Rio de Janeiro (RJ), área: 9,5 ha, quantidade de RSU: 500 Ton./dia.	3,01 - 51,59	0,71 - 11,09
	aterro: Nova Iguaçu, cidade: Rio de Janeiro (RJ), área: 120 ha, quantidade de RSU: 500 Ton./dia., altura das células: 65 m.	44,21 - 79,55	8,31 - 14,60
Real (2005)	aterro: Paracambi, cidade: Paracambi (RJ), área: 3,8 ha, quantidade de RSU: 250.000 Ton., altura das células: 25 - 40m.	até 41,5	até 5,0
Pierobon (2007)	aterro: Extrema, cidade: Porto Alegre (RS), área: 7ha, quantidade de RSU: 824.124,419 Ton., altura das células: até 40m.	69,27	27,99
Fernandes (2009)	aterro: CTR da BR 040, cidade: Belo Horizonte (MG), área: 0,52ha, quantidade de RSU: 53 Ton./dia, altura das células: até 24m.	29 - 50	32 - 56

Fonte: do Autor (2012)

Realizando-se uma subdivisão dos dados encontrados, por turno, foi observada a mesma tendência descrita anteriormente (*constante*) nas concentrações emitidas, como mostra a Figura 52.

Figura 52 - Concentração (%) de CH₄ e CO₂ no dreno central da CE por turno (análise geral)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha.

No turno da **manhã**, observou-se emissão média, na primeira campanha, de 14,7% de CO₂, 8,1% de CH₄, 11,4% de O₂ e 65,9% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 19,2% de CO₂, 11,7% de CH₄, 8,8% de O₂ e 60,3% de outros gases.

No turno da **tarde**, observou-se emissão média, na primeira campanha, de 14,8% de CO₂, 7,9% de CH₄, 11,3% de O₂ e 66,0% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 18,9% de CO₂, 11,9% de CH₄, 8,6% de O₂ e 60,6% de outros gases. Outras variáveis calculadas para cada turno estão na Tabela 27.

Tabela 27 - Resultados das concentrações dos gases no dreno central da CE por turno

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	8,1	12,0	14,1	19,6	11,5	8,0	65,8	61,9
Mínimo	6,1	9,5	12,7	16,9	9,0	7,3	61,8	55,8
Máximo	9,9	14,0	17,0	22,0	13,6	10,2	69,4	65,0
Desvio padrão	0,7	1,2	0,9	1,2	0,7	0,7	1,5	1,9
Comportamento entre as Campanhas								
Aumento da Média	0,4 X		0,3 X		-		-	
Redução da Média	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	8,1	12,0	14,1	19,0	12,0	8,0	66,0	60,1
Mínimo	6,0	9,5	12,0	16,9	9,6	7,3	62,3	55,4
Máximo	10,0	14,0	16,7	22,0	13,4	10,0	70,8	64,4
Desvio padrão	0,9	1,2	0,9	1,1	0,7	0,8	1,6	2,0
Comportamento entre as Campanhas								
Aumento da média	0,5 X		0,3 X		-		-	
Redução da média	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 27, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 8,1 (1ªC) e 12,0% (2ªC), para o CO₂ foi 14,1 e 19,6% e para O₂ foi 11,5 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,1 (1ªC) e 9,5% (2ªC) e a maior 9,9 (1ªC) e 14,0% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 12,7 e 16,9%; maiores valores: 17,0 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 9,0 e 7,3%; maiores valores: 13,6 e 10,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂ (mesmo desvio padrão).

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1^aC) e 12,0% (2^aC), para o CO₂ foi 14,1 e 19,0% e para O₂ foi 12,0 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,0 (1^aC) e 9,5% (2^aC) e a maior 10,0 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 12,0 e 16,9%; maiores valores: 16,7 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 9,6 e 7,3%; maiores valores: 13,4 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra.

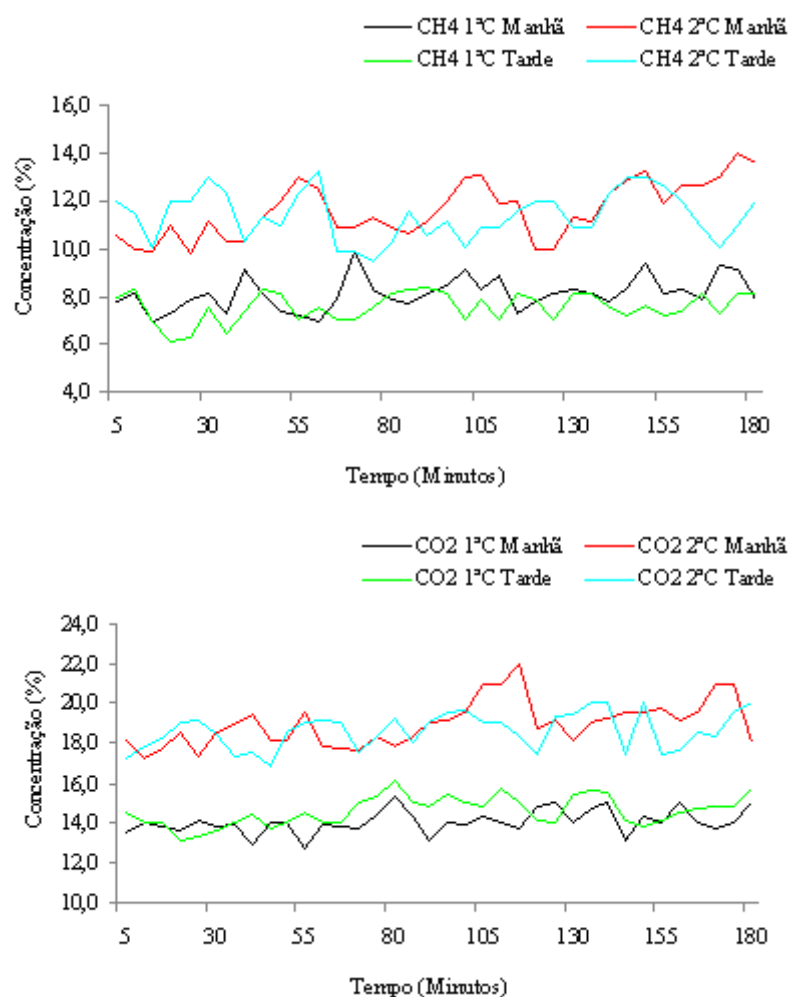
Como se observa, houve proximidade entre os resultados das concentrações dos gases entre os turnos de cada campanha, reafirmando o equilíbrio nas concentrações emitidas pelo dreno central.

4.8.2 Análise Específica

Os dados alcançados durante as leituras das concentrações de CH₄ e CO₂, em cada dia, durante as duas campanhas, permitiram consolidar as Figuras 53 a 57 (respectivamente, 1^o ao 5^o dia).

Para o **primeiro dia** das **duas campanhas**, tem-se a representação das concentrações de CH₄ e CO₂ mostrada na Figura 53.

Figura 53 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ no dreno da CE (Primeiro dia, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Os gases gerados na CE e analisados no **primeiro dia da primeira campanha** foram compostos, em média, por 14,3% de CO₂, 7,8% de CH₄, 11,2% de O₂ e 66,6% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 18,8% de CO₂, 11,5% de CH₄, 8,8% de O₂ e 60,8% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 28.

Tabela 28 - Concentrações dos gases no dreno da CE (primeiro dia, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Moda	8,1	12,0	14,1	19,0	11,0	8,0	65,8	61,9
Mínimo	6,1	9,5	12,7	16,9	9,9	7,3	64,8	55,8
Máximo	9,9	14,0	16,1	22,0	12,1	10,2	69,9	64,8
Desvio padrão	0,7	1,1	0,7	1,1	0,5	0,8	1,1	2,0
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 28, no primeiro dia, da primeira para a segunda campanha de monitoramento, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1^aC) e 12,0% (2^aC), para o CO₂ foi 14,1 e 19,0% e para O₂ foi 11,0 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,1 (1^aC) e 9,5% (2^aC) e a maior 9,9 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂, os menores valores foram: 12,7 e 16,9%; os maiores valores foram 16,1 e 22,0%. Para o O₂ (menores valores: 9,9 e 7,3%; maiores valores: 12,1 e 10,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra no primeiro dia.

As equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo do tempo de monitoramento no **primeiro dia** das **duas campanhas**, como se observa na Tabela 29.

Tabela 29 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no primeiro dia

Gases	Medição	Turno	Equações da reta
CH ₄	1ª C	Manhã	$y = 0,0252x + 7,6611$ e $R^2 = 0,1463$
	2ª C		$y = 0,0727x + 10,2684$ e $R^2 = 0,4286$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0148x + 7,2949$ e $R^2 = 0,0693$
	2ª C		$y = 0,0055x + 11,2870$ e $R^2 = 0,0033$
CO ₂	1ª C	Manhã	$y = 0,0237x + 13,6422$ e $R^2 = 0,1678$
	2ª C		$y = 0,0599x + 17,8803$ e $R^2 = 0,3005$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0315x + 14,0308$ e $R^2 = 0,2088$
	2ª C		$y = 0,0303x + 18,0708$ e $R^2 = 0,1201$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

O 'pico' de cada gás analisado no **primeiro dia** das **duas campanhas** ocorreu de forma aleatória, como se observa na Tabela 30, não havendo uma tendência geral.

Esta consideração pode, sem comprometer o trabalho, ser estendida para os resultados obtidos nos demais dias (2º ao 5º) e trata-se de uma observação comum na literatura, a exemplo do que se observou no trabalho de Berto Neto (2009), que estudou as emissões de gases pelos dissipadores e pela camada de cobertura em (08) oito áreas de disposição de RSU do Estado de São Paulo; Brito Filho (2005), que estudou duas áreas de disposição do Rio de Janeiro; Candiani (2001), em sua célula experimental de RSU em Santo André-SP; Mariano e Jucá (2010), no aterro da Muribeca-PE.

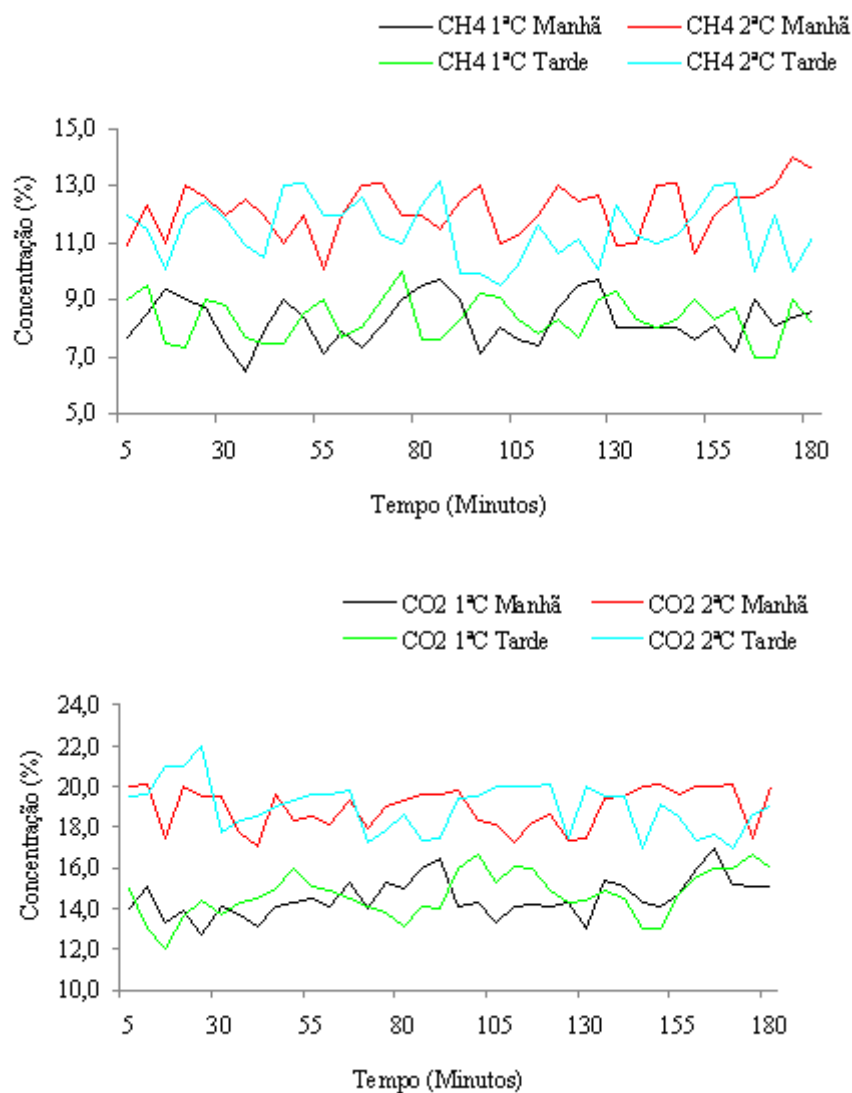
Tabela 30 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no primeiro dia

Gases	Medição	Turno	Ocorrência	
			Nº da Leitura	Tempo em minutos
CH ₄	1ª C	Manhã	14	70
	2ª C		35	175
	1ª C	Tarde	18	90
	2ª C		12	60
CO ₂	1ª C	Manhã	16	80
	2ª C		23	115
	1ª C	Tarde	16	80
	2ª C		28	140

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

Para o **segundo dia** das **duas campanhas**, tem-se a representação das concentrações de CH₄ e CO₂ mostrada na Figura 54.

Figura 54 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ no dreno da CE (Segundo dia, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Os gases gerados na CE e analisados no **segundo dia** da **primeira campanha** foram compostos, em média, por 14,6% de CO₂, 8,3% de CH₄, 11,3% de O₂ e 65,8% de outros gases. Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 18,9% de CO₂, 11,8% de CH₄, 8,5% de O₂ e 60,8% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 31.

Tabela 31 - Concentrações dos gases no dreno da CE (segundo dia, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	9,0	12,0	14,1	20,0	11,5	8,0	66,0	61,4
Mínimo	6,5	9,5	12,0	16,9	10,0	7,3	62,2	56,2
Máximo	10,0	14,0	17,0	22,0	13,0	10,2	70,1	64,4
Desvio padrão	0,8	1,0	1,0	1,1	0,6	0,8	1,6	1,9
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 31, da primeira para a segunda campanha de monitoramento, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 9,0 (1ªC) e 12,0% (2ªC), para o CO₂ foi 14,1 e 20,0% e para O₂ foi 11,5 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,5 (1ªC) e 9,5% (2ªC) e a maior 10,0 (1ªC) e 14,0% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 12,0 e 16,9%; maiores valores: 17,0 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 10,0 e 7,3%; maiores valores: 13,0 e 10,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra no segundo dia.

Observou-se que todas as equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo do tempo de monitoramento no **segundo dia** das **duas campanhas**, como se observa na Tabela 32, exceto para: (I) a concentração de CH₄ medida no turno da tarde das duas campanhas, (II) a concentração de CO₂ medida no turno da tarde da segunda campanha.

Tabela 32 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no segundo dia

Gases	Medição	Turno	Equações da reta
CH ₄	1ª C	Manhã	$y = 0,0004x + 8,2489$ e $R^2 = 0,0000$
	2ª C		$y = 0,0271x + 11,6503$ e $R^2 = 0,0971$
	1ª C	Tarde	$y = -0,0040x + 8,4076$ e $R^2 = 0,0032$
	2ª C		$y = -0,0151x + 11,7210$ e $R^2 = 0,0223$
CO ₂	1ª C	Manhã	$y = 0,0396x + 13,7783$ e $R^2 = 0,1890$
	2ª C		$y = 0,0115x + 18,7179$ e $R^2 = 0,0140$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0462x + 13,8462$ e $R^2 = 0,1835$
	2ª C		$y = -0,0446x + 19,7859$ e $R^2 = 0,1428$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

O 'pico' de cada gás analisado no **segundo dia** das **duas campanhas** ocorreu de forma aleatória, como se observa na Tabela 33.

Tabela 33 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no segundo dia

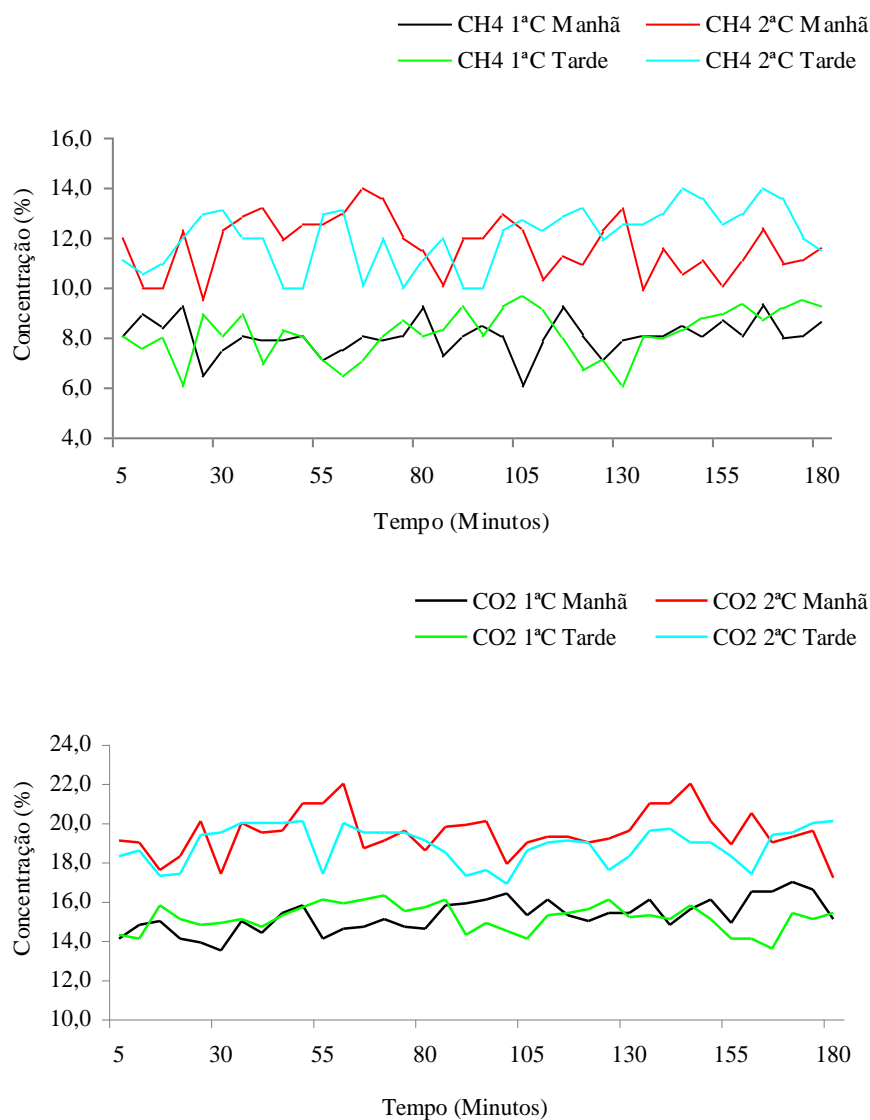
Gases	Medição	Turno	Ocorrência	
			Nº da Leitura	Tempo em minutos
CH ₄	1ª C	Manhã	25	125
	2ª C		35	175
	1ª C	Tarde	15	75
	2ª C		17	85
CO ₂	1ª C	Manhã	33	165
	2ª C		34	170
	1ª C	Tarde	35	175
	2ª C		5	25

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **terceiro dia** das **duas campanhas**, tem-se a representação das concentrações de CH₄ e CO₂ mostrada na Figura 55.

Figura 55 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ no dreno da CE (Terceiro dia, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Os gases gerados na CE e analisados no **terceiro dia** da **primeira campanha** foram compostos, em média, por 15,2% de CO₂, 8,1% de CH₄, 11,7% de O₂ e 65,0% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 19,2% de CO₂, 11,9% de CH₄, 8,8% de O₂ e 60,1% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 34.

Tabela 34 - Concentrações dos gases no dreno da CE (terceiro dia, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Moda	8,1	12,0	16,1	19,0	12,4	9,3	64,7	60,1
Mínimo	6,1	9,5	13,5	16,9	9,9	7,3	61,8	56,2
Máximo	9,7	14,0	17,0	22,0	13,6	10,0	68,6	64,4
Desvio padrão	0,9	1,2	0,8	1,1	0,8	0,8	1,5	1,8
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, no terceiro dia da primeira para a segunda campanha de monitoramento, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1^aC) e 12,0% (2^aC), para o CO₂ foi 16,1 e 19,0% e para O₂ foi 12,4 e 9,3%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,1 (1^aC) e 9,5% (2^aC) e a maior 9,7 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 13,5 e 16,9%; maiores valores: 17,0 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 9,9 e 7,3%; maiores valores: 13,6 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra no segundo dia, exceto para o gás oxigênio (mesmo desvio padrão).

Observou-se que todas as equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo do tempo de monitoramento no **terceiro dia** das **duas campanhas**, como se observa na Tabela 35, exceto para: (I) a concentração de CH₄ medida no turno da manhã da segunda campanha, (II) a concentração de CO₂ medida no turno da tarde da primeira campanha.

Tabela 35 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no terceiro dia

Gases	Medição	Turno	Equações da reta
CH ₄	1ª C	Manhã	$y = 0,0098x + 7,9019$ e $R^2 = 0,0207$
	2ª C		$y = -0,0197x + 12,0719$ e $R^2 = 0,0322$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0345x + 7,5543$ e $R^2 = 0,1389$
	2ª C		$y = 0,0530x + 11,0721$ e $R^2 = 0,2104$
CO ₂	1ª C	Manhã	$y = 0,0548x + 14,2559$ e $R^2 = 0,4625$
	2ª C		$y = 0,0126x + 19,2748$ e $R^2 = 0,0138$
	1ª C	Tarde	$y = -0,0063x + 15,2803$ e $R^2 = 0,0092$
	2ª C		$y = 0,0072x + 18,7419$ e $R^2 = 0,0061$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

O 'pico' de cada gás analisado no **terceiro dia** das **duas campanhas** ocorreu de forma aleatória, como se observa na Tabela 36.

Tabela 36 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no terceiro dia

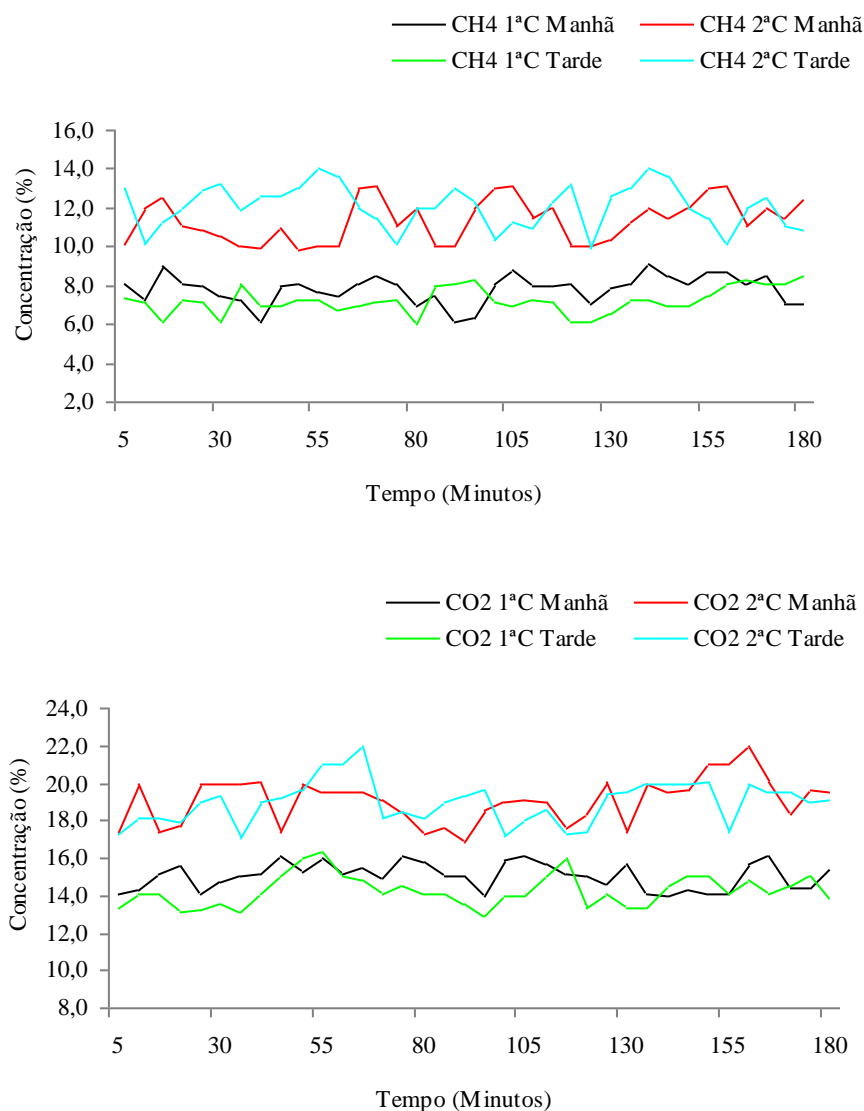
Gases	Medição	Turno	Ocorrência	
			Nº da Leitura	Tempo em minutos
CH ₄	1ª C	Manhã	33	165
	2ª C		13	65
	1ª C	Tarde	21	105
	2ª C		33	165
CO ₂	1ª C	Manhã	34	170
	2ª C		29	145
	1ª C	Tarde	14	70
	2ª C		36	180

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **quarto dia** das **duas campanhas**, tem-se a representação das concentrações de CH₄ e CO₂ mostrada na Figura 56.

Figura 56 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ no dreno da CE (Quarto dia, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Os gases gerados na CE e analisados no **quarto dia da primeira campanha** foram compostos, em média, por 14,6% de CO₂, 7,5% de CH₄, 11,2% de O₂ e 66,7% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,6 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 19,0% de CO₂, 11,7% de CH₄, 8,7% de O₂ e 60,5% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 37.

Tabela 37 - Concentrações dos gases no dreno da CE (quarto dia, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Moda	8,1	12,0	14,1	20,0	10,8	8,0	65,7	61,9
Mínimo	6,0	9,8	12,9	16,9	9,0	7,3	63,5	55,4
Máximo	9,1	14,0	16,3	22,0	12,6	10,0	70,8	65,0
Desvio padrão	0,8	1,2	0,9	1,2	0,7	0,7	1,6	2,2
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,6 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 37, no quarto dia, da primeira para a segunda campanha de monitoramento, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1^aC) e 12,0% (2^aC), para o CO₂ foi 14,1 e 20,0% e para O₂ foi 10,8 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,0 (1^aC) e 9,8% (2^aC) e a maior 9,1 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 12,9 e 16,9%; maiores valores: 16,3 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 9,0 e 7,3%; maiores valores: 12,6 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra no segundo dia, exceto para o gás oxigênio (mesmo desvio padrão).

Observou-se que todas as equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo do tempo de monitoramento no **quarto dia** das **duas campanhas**, como se observa na Tabela 38, exceto para: (I) a concentração de CH₄ medida no turno da tarde da segunda campanha, (II) a concentração de CO₂ medida no turno da manhã da primeira campanha.

Tabela 38 - Equações da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no quarto dia

Gases	Medição	Turno	Equações da reta
CH ₄	1ª C	Manhã	$y = 0,0100x + 7,6460$ e $R^2 = 0,0195$
	2ª C		$y = 0,0359x + 10,6943$ e $R^2 = 0,1133$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0229x + 6,8014$ e $R^2 = 0,1228$
	2ª C		$y = -0,0159x + 12,3600$ e $R^2 = 0,0218$
CO ₂	1ª C	Manhã	$y = -0,0050x + 15,1368$ e $R^2 = 0,0055$
	2ª C		$y = 0,0335x + 18,4830$ e $R^2 = 0,0828$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0129x + 14,0038$ e $R^2 = 0,0255$
	2ª C		$y = 0,0216x + 18,5778$ e $R^2 = 0,0381$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

O 'pico' de cada gás analisado no **quarto dia** das **duas campanhas** ocorreu de forma aleatória, como se observa na Tabela 39.

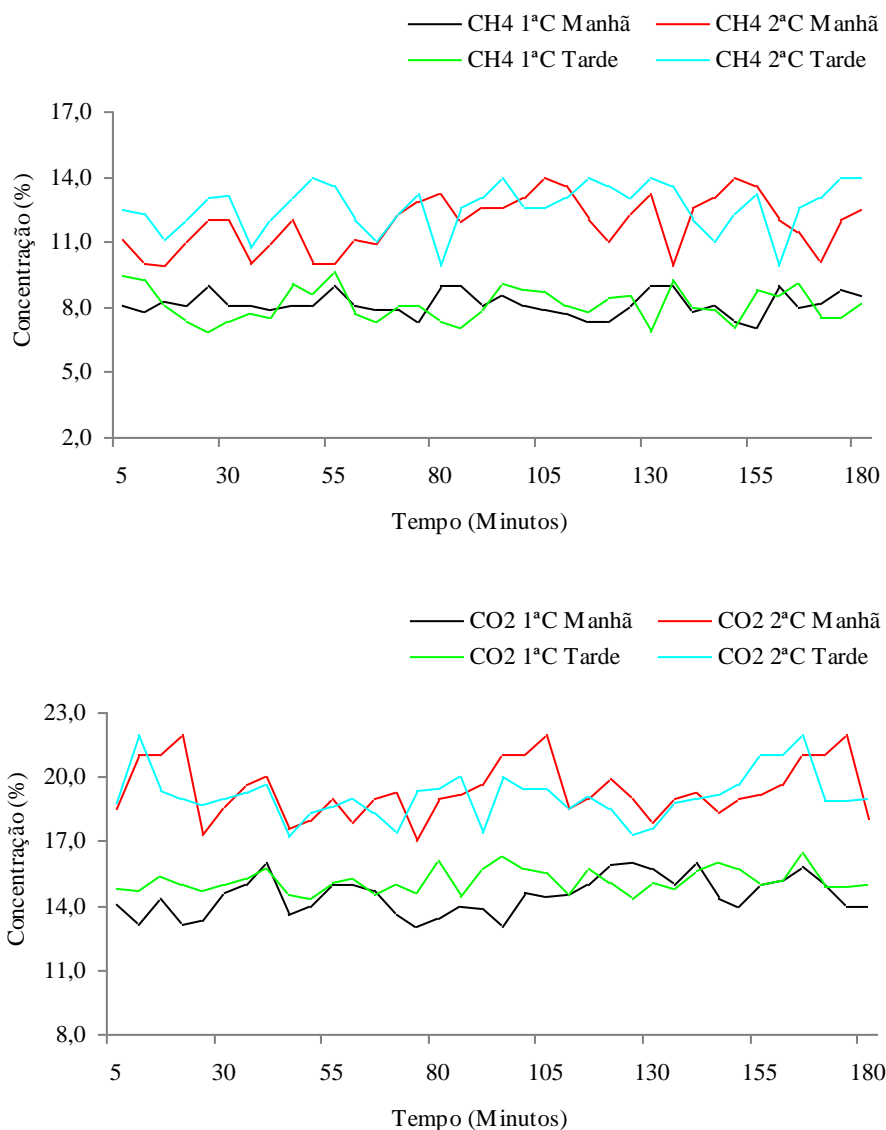
Tabela 39 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no quarto dia

Gases	Medição	Turno	Ocorrência	
			Nº da Leitura	Tempo em minutos
CH ₄	1ª C	Manhã	28	140
	2ª C		32	160
	1ª C	Tarde	36	180
	2ª C		28	140
CO ₂	1ª C	Manhã	33	165
	2ª C		32	160
	1ª C	Tarde	11	55
	2ª C		13	65

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

Para o **quinto dia** das **duas campanhas**, tem-se a representação das concentrações de CH₄ e CO₂ mostrada na Figura 57.

Figura 57 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ no dreno da CE (Quinto dia, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Os gases gerados na CE e analisados no **quinto dia da primeira campanha** foram compostos, em média, por 14,8% de CO₂, 8,1% de CH₄, 11,5% de O₂ e 65,5% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 19,3% de CO₂, 12,2% de CH₄, 8,7% de O₂ e 59,8% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 40.

Tabela 40 - Concentrações dos gases no dreno da CE (quinto dia, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Moda	8,1	12,0	15,0	19,0	12,0	8,0	66,5	58,9
Mínimo	6,9	9,9	13,0	17,0	10,0	7,5	63,3	55,9
Máximo	9,6	14,0	16,5	22,0	13,4	10,0	68,9	63,0
Desvio padrão	0,7	1,2	0,8	1,2	0,7	0,7	1,3	1,6
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 40, no quinto dia, da primeira para a segunda campanha de monitoramento, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 8,1 (1^aC) e 12,0% (2^aC), para o CO₂ foi 15,0 e 19,0% e para O₂ foi 12,0 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 6,9 (1^aC) e 9,9% (2^aC) e a maior 9,6 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 13,0 e 17,0%; maiores valores: 16,5 e 22,0%). Para o O₂ (menores valores: 10,0 e 7,5%; maiores valores: 13,4 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra no segundo dia, exceto para o gás oxigênio (mesmo desvio padrão).

Observou-se que todas as equações das retas provenientes das regressões lineares mostraram que houve crescimento ao longo do tempo de monitoramento no **quinto dia** das **duas campanhas**, como se observa na Tabela 41, exceto para: (I) a concentração de CH₄ medida nos dois turnos da primeira campanha.

Tabela 41 - Equação da reta relativas à concentração dos gases no dreno da CE no quinto dia

Gases	Medição	Turno	Equações da reta
CH ₄	1ª C	Manhã	$y = -0,0007x + 8,1689$ e $R^2 = 0,0002$
	2ª C		$y = 0,0509x + 10,9106$ e $R^2 = 0,1857$
	1ª C	Tarde	$y = -0,0011x + 8,1517$ e $R^2 = 0,0002$
	2ª C		$y = 0,0218x + 12,1987$ e $R^2 = 0,0421$
CO ₂	1ª C	Manhã	$y = 0,0331x + 13,8629$ e $R^2 = 0,1484$
	2ª C		$y = 0,0130x + 19,1575$ e $R^2 = 0,0104$
	1ª C	Tarde	$y = 0,0133x + 14,9260$ e $R^2 = 0,0613$
	2ª C		$y = 0,0135x + 18,8699$ e $R^2 = 0,0160$

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

O 'pico' de cada gás analisado no **quinto dia** das **duas campanhas** ocorreu de forma aleatória, como se observa na Tabela 42.

Tabela 42 - Ocorrência da máxima concentração ('pico') dos gases no quinto dia

Gases	Medição	Turno	Ocorrência	
			Nº da Leitura	Tempo em minutos
CH ₄	1ª C	Manhã	16	80
	2ª C		30	150
	1ª C	Tarde	11	55
	2ª C		19	95
CO ₂	1ª C	Manhã	28	140
	2ª C		21	105
	1ª C	Tarde	33	165
	2ª C		33	165

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).
Fonte: do Autor (2012)

Como se observou nas descrições acima, a concentração dos dois gases no dreno central manteve relação com o turno, dia, horário da medição e campanha.

Os sinais (positivos ou negativos) apresentados nas Tabelas 29, 32, 35, 38 e 41, provenientes das equações da reta da regressão linear, comprovam, além da variabilidade nas concentrações dos gases, a ocorrência de crescimento (“+”) ou redução (“-”) ao longo do monitoramento e podem ser resumidos na Tabela 43.

Tabela 43 - Tendência das concentrações de CH₄ e CO₂ no dreno (gás x turno x dia x campanha)

Gases	Concentração													
	Turno	1º dia		2º dia		3º dia		4º dia		5º dia				
		1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C			
CH ₄	Manhã	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+			
	Tarde			-	-		+		+	-		-		
CO ₂	Manhã			+	+	+		+		+		-	+	+
	Tarde					+	-	-	+			+		+

Legenda: (+) crescente, (-) decrescente.

C = Campanha. Primeira campanha (13 a 17/02/2012), Segunda campanha (20 a 24/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

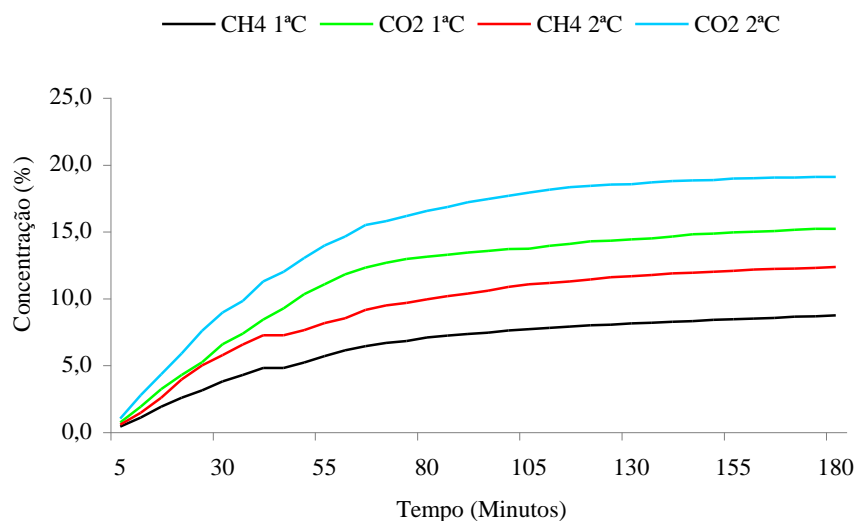
Como se observa, não houve um comportamento único (crescente ou decrescente) na concentração dos dois gases emitidos pelo dreno, exceto para o **primeiro dia** nas **duas campanhas**, quando os percentuais de CH₄ e CO₂ apresentaram crescimento ao longo dos 180 minutos de monitoramento (sinal único “+”). Os resultados das medições de cada um dos dias estão nos Apêndices D1 - D10.

4.9 Emissões de Gases na Camada de Cobertura

4.9.1 Análise Geral

As concentrações dos gases CH₄ e CO₂ no interior da placa durante as campanhas (1ª C: 06 a 10 de fevereiro de 2012, 2ª C: 13 a 17 de agosto de 2012) aumentaram ao longo dos 180 minutos de monitoramento (média dos Pontos 1 a 5).

A Figura 58 mostra o comportamento das concentrações durante o monitoramento.

Figura 58 - Concentração (%) de CH₄ e CO₂ na placa (cobertura da CE, duas campanhas)

Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura (“branco”) foram compostos, na primeira campanha, em média, por 11,6% de CO₂, 6,5% de CH₄, 9,1% de O₂ e 72,7% de outros gases. Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 14,9% de CO₂, 9,4% de CH₄, 7,2% de O₂ e 68,5% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 44.

Tabela 44 - Resultados das concentrações dos gases na camada de cobertura (duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Moda	7,6	13,5	12,0	17,2	9,0	6,0	70,5	65,0
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,6	6,0	4,0	63,5	55,7
Máximo	10,8	14,8	19,1	23,2	13,0	10,7	88,2	89,6
Desvio padrão	2,6	3,6	4,6	5,5	1,5	1,5	6,0	8,0
Comportamento entre as Campanhas								
Aumento da média	0,4 X		0,3 X		-		-	
Redução da média	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 44, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 7,6 (1^aC) e 13,5% (2^aC), para o CO₂ foi 12,0 e 17,2% e para O₂ foi 9,0 e 6,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1^aC) e 0,3% (2^aC) e a maior 10,8 (1^aC) e 14,8% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,6%; maiores valores: 19,1 e 23,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,0 e 4,0%; maiores valores: 13,0 e 10,7%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio (mesmo desvio padrão).

A camada de cobertura reteve os dois gases de interesse nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 45. Já os fluxos estão consolidados na Tabela 46.

Tabela 45 - Resultados da retenção dos gases promovida pela cobertura (duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	2,5	3,2	3,8	4,4
Mínimo	0,1	0,3	0,3	0,1
Máximo	7,8	11,0	13,5	17,4

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Tabela 46 - Fluxos mássicos e volumétricos dos gases pela cobertura (duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Média	mássico	g/m ² .s	2,5 x 10 ⁻³	3,6 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			1,3 x 10 ⁻²	2,9 x 10 ⁻²	6,9 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻²
Comparação entre Campanhas						
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	4,0 x 10 ⁻⁶	5,7 x 10 ⁻⁶	7,0 x 10 ⁻⁶	8,8 x 10 ⁻⁶
Máximo			2,0 x 10 ⁻⁵	4,6 x 10 ⁻⁵	4,0 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻⁵
Comparação entre Campanhas						
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X	

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

A ampla faixa de variação do fluxo indica que existem vários fatores que interferem na emissão desses gases, como as características geotécnicas do solo, a qualidade e espessura da camada de cobertura, as pressões dos gases no contato solo-resíduo, a idade dos resíduos, as condições climáticas da região etc, assim entendidos:

- As características geotécnicas do solo empregado na cobertura de um aterro permitem a criação de múltiplos cenários de emissão ou retenção, ou seja, se o solo estiver mais compactado numa determinada área em relação à outra, deverá existir um menor número de espaços vazios em seu interior, com conseqüente menor fuga dos gases.

- Se os materiais de cobertura forem escolhidos com maior rigor (solos argilosos são melhores que solos arenosos devido à coesão entre as partículas) e a espessura da camada de cobertura atender às recomendações das normas (maior que 60 cm), espera-se que o aterro retenha um volume maior de gases, além de facilitar a movimentação de veículos sobre a massa de resíduos coberta e aumentar a estabilidade da área, evitando desmoronamentos e acidentes.

- As pressões dos gases no interior do aterro tendem a aumentar com a profundidade da massa de RSU e a tendência natural desses gases é escapar para a atmosfera, seja pela cobertura, seja pelas laterais do aterro. Assim, um mesmo aterro pode apresentar áreas com maior ou menor fluxo.

- A idade dos resíduos também deve ser considerada em estudos sobre gases: aterros "novos" tendem a emitir um maior volume de gás quando comparados a aterros "velhos", especialmente em função da degradação dos resíduos classificados como facilmente degradáveis, sendo que a recirculação do chorume sobre o platô do aterro potencializa a produção de gás nas duas situações.

- As condições climáticas da região influem no volume e na qualidade do gás emitido pelo aterro, já que as águas pluviais que caem sobre a área e a porção que infiltra na massa de resíduos distribui umidade, nutrientes e microrganismos, aumentando as reações de degradação e potencializando a geração de gás. Da mesma forma, baixa umidade implica em um processo de digestão mais lento com menor geração de gás.

Os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE durante as duas campanhas estão dentro dos intervalos constantes na literatura, como se observa na Tabela 47, sendo importante considerar as particularidades de cada uma das áreas de disposição de resíduos sólidos estudadas pelos autores.

Tabela 47 - Fluxos de gases em camadas de cobertura relatados na literatura

Autor(es)/ano	Emissão superficial	
	CH ₄	CO ₂
Park e Shin (2001)	0,0055 - 2,4137 m ³ /m ² /h (1,5 x 10 ⁻⁶ - 6,7 x 10 ⁻⁴ m ³ /m ² .s)*	0,0121 - 2,639 m ³ /m ² /h (3,4 x 10 ⁻⁶ - 7,3 x 10 ⁻⁴ m ³ /m ² .s)*
Marion e Peter (1998)	0,1 - 0,4 m ³ /m ² /h (2,8 x 10 ⁻⁵ - 1,1 x 10 ⁻⁴ m ³ /m ² .s)*	-
Hedge, Chan e Yang (2003)	0,99 - 157,56 mg/m ² /h (2,8 x 10 ⁻⁷ - 4,4 x 10 ⁻⁵ g/m ² .s)*	48,46 - 99,21 mg/m ² /h (1,3 x 10 ⁻⁵ - 2,8 x 10 ⁻⁵ g/m ² .s)*
Laurila <i>et al.</i> (2006)	0,5 - 74 m ³ /ha/h (1,4 x 10 ⁻⁸ - 2,1 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² .s)*	-
Milke, Holman e Khire (2006)	0,005 - 1,49 g/m ² /min (8,3 x 10 ⁻⁵ - 2,5 x 10 ⁻² g/m ² .s)*	-
Stern <i>et al.</i> (2007)	18,1 g/m ² /h (5,0 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*	-
Scheutz <i>et al.</i> (2008)	29 g/m ² /d (3,4 x 10 ⁻⁴ g/m ² .s)*	-
Jha <i>et al.</i> (2008)	1,0 - 23,5 mg/m ² /h (2,8 x 10 ⁻⁷ - 6,5 x 10 ⁻⁶ g/m ² .s)*	39,0 - 906 mg/m ² /h (1,1 x 10 ⁻⁵ - 2,5 x 10 ⁻⁴ g/m ² .s)*
Georgaki <i>et al.</i> (2008)	17 g/m ² /h (4,7 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*	33 g/m ² /h (9,2 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*
Johnsson (2010)	0,0004 - 0,06 g/m ² /h (1,1 x 10 ⁻⁷ - 1,7 x 10 ⁻⁵ g/m ² .s)*	1,26 - 4,45 g/m ² /h (3,5 x 10 ⁻⁴ - 1,2 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*
Capaccioni <i>et al.</i> (2011)	3,8 g/m ² /d (4,4 x 10 ⁻⁵ g/m ² .s)*	13,1 g/m ² /d (1,5 x 10 ⁻⁴ g/m ² .s)*
Nava-Martinez, Garcia-Flores e Wakida (2011)	0,17 - 2441,81 g/m ² /h (4,7 x 10 ⁻⁵ - 6,8 x 10 ⁻¹ g/m ² .s)*	-
Maciel (2003)	1,2 - 4,2 x 10 ⁻³ g/m ² /s	-
Fernandes (2009)	23,24 - 337,67 g/dia/m ² (2,7 x 10 ⁻⁴ - 3,9 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*	29,09 e 233,24 g/dia/m ² (3,4 x 10 ⁻⁴ - 2,7 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*
Berto Neto (2009)	5,66 - 148,20 g/m ² /d (6,6 x 10 ⁻⁵ - 1,7 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*	17,78 - 223,04 g/m ² /d (2,1 x 10 ⁻⁴ - 2,6 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*
Mariano e Jucá (2010)	7 - 146 kg/m ² /ano (2,2 x 10 ⁻⁴ g/m ² .s)*	-
Lúcia Lopes <i>et al.</i> (2010)	35,20 - 151,95 g/m ² /d (4,1 x 10 ⁻⁴ - 1,8 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*	58,07 - 644,74 g/m ² /d (6,7 x 10 ⁻⁴ - 7,5 x 10 ⁻³ g/m ² .s)*
Dados encontrados (médias)	2,5 x 10 ⁻³ g/m ² .s ou 4,0 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² .s (1 ^a C) 3,6 x 10 ⁻³ g/m ² .s ou 5,7 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² .s (2 ^a C)	1,2 x 10 ⁻² g/m ² .s ou 7,0 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² .s (1 ^a C) 1,5 x 10 ⁻² g/m ² .s ou 8,8 x 10 ⁻⁶ m ³ /m ² .s (2 ^a C)

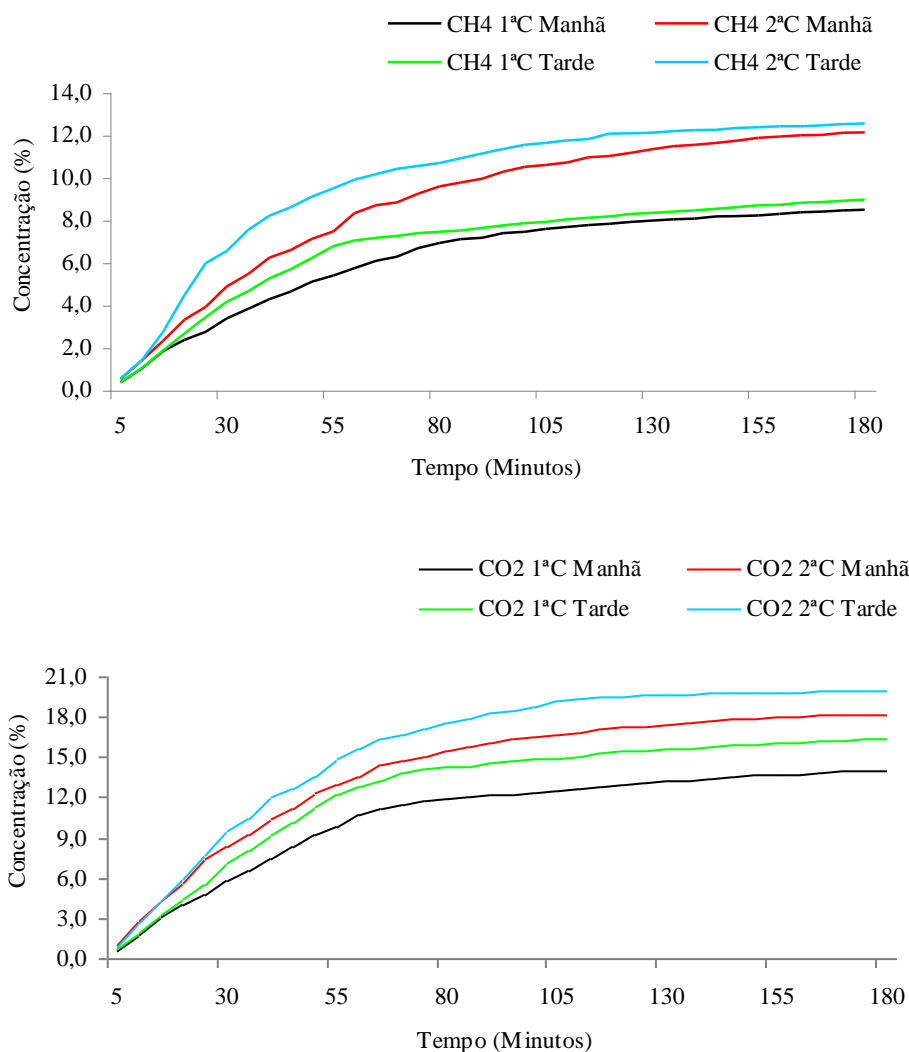
* unidade convertida para a utilizada neste trabalho, facilitando a comparação. C = Campanha

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, cada área pesquisada pelos autores listados na Tabela 47 apresenta uma particular capacidade de permitir ou reter o fluxo dos gases, assim como observado nesta pesquisa.

Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 59.

Figura 59 - Concentração (%) de CH₄ e CO₂ no interior da placa por turno (análise geral)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura (“branco”) foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 10,6% de CO₂, 6,3% de CH₄, 8,9% de O₂ e 74,2% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 14,1% de CO₂, 8,9% de CH₄, 6,9% de O₂ e 70,2% de outros gases.

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura (“branco”) foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 12,6% de CO₂, 6,8% de CH₄, 9,4% de O₂ e 71,2% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 15,7% de CO₂, 9,8% de CH₄, 7,5% de O₂ e 66,8% de outros gases. Outras variáveis calculadas para os dois turnos estão na Tabela 48.

Tabela 48 - Concentrações dos gases na camada de cobertura por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	6,3	8,9	10,6	14,1	8,9	6,9	74,2	70,2
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,6	6,0	4,0	67,6	60,4
Máximo	10,8	13,7	15,4	20,2	13,0	10,7	88,2	89,6
Desvio padrão	2,7	3,6	4,0	4,9	1,5	1,5	5,4	7,2
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,6	12,7	17,0	16,0	10,0	9,0	70,5	67,3
Mínimo	0,3	0,5	0,6	0,7	6,0	4,3	63,5	55,7
Máximo	10,4	14,8	19,1	23,2	13,0	10,4	88,1	88,8
Desvio padrão	2,5	3,6	4,9	6,0	1,5	1,4	6,3	8,4
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 48, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 6,3 (1^aC) e 8,9% (2^aC), para o CO₂ foi 10,6 e 14,1% e para O₂ foi 8,9 e 6,9%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1^aC) e 0,3% (2^aC) e a maior 10,8 (1^aC) e 13,7% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,6%; maiores valores: 15,4 e 20,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,0 e 4,3%; maiores valores: 13,0 e 10,4%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂ (desvio padrão menor).

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 7,6 (1^aC) e 12,7% (2^aC), para o CO₂ foi 17,0 e 16,0% e para O₂ foi 10,0 e 9,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,5% (2^aC) e a maior 10,4 (1^aC) e 14,8% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,7%; maiores valores: 19,1 e 23,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,0 e 4,3%; maiores valores: 13,0 e 10,4%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂ (desvio padrão menor).

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram (proporcionalmente), como se observa na Tabela 49.

Tabela 49 - Fluxos mássico e volumétrico dos gases pela cobertura (duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
				1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
	Média	mássico	g/m ² .s	2,5 x 10 ⁻³	3,5 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
	Máximo			1,3 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻²	6,9 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas							
Manhã	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,4 X	
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,9 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	8,5 x 10 ⁻⁶
	Máximo			2,0 x 10 ⁻⁵	2,9 x 10 ⁻⁵	4,0 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X	
	Média	mássico	g/m ² .s	2,6 x 10 ⁻³	3,6 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻²	1,6 x 10 ⁻²
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
	Máximo			1,2 x 10 ⁻²	2,9 x 10 ⁻²	6,6 x 10 ⁻²	8,1 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas							
Tarde	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X	
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	4,1 x 10 ⁻⁶	5,7 x 10 ⁻⁶	7,4 x 10 ⁻⁶	9,0 x 10 ⁻⁶
	Máximo			2,0 x 10 ⁻⁵	4,6 x 10 ⁻⁵	3,8 x 10 ⁻⁵	4,7 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X	

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Observou-se que os maiores valores aconteceram pela tarde, podendo o aumento natural da temperatura na massa de lixo decorrente das reações de biodegradação, bem como o aumento da temperatura externa ao aterro (turno mais quente do dia) terem influenciado, já que se reduz a saturação do solo em função da evaporação superficial da água e aumenta-se o número de espaços vazios, permitindo um maior fluxo.

Conforme Brito Filho (2005):

Aumentos de temperaturas estimulam o movimento da partícula de gás, tendendo também a aumentar a difusão do gás, desta forma, o gás pode se dispersar mais rápido em condições de temperatura mais elevada. Embora o aterro mantenha por si mesmo a temperatura geralmente estável, ciclos de esfriamento e aquecimento podem causar ruptura na superfície do solo, causando a migração do gás de aterro para cima ou horizontalmente. O solo frio sobre o aterro pode prover uma barreira física para a migração ascendente do gás, causando a migração horizontalmente do gás de aterro através do solo (BRITO FILHO, 2005, p.127).

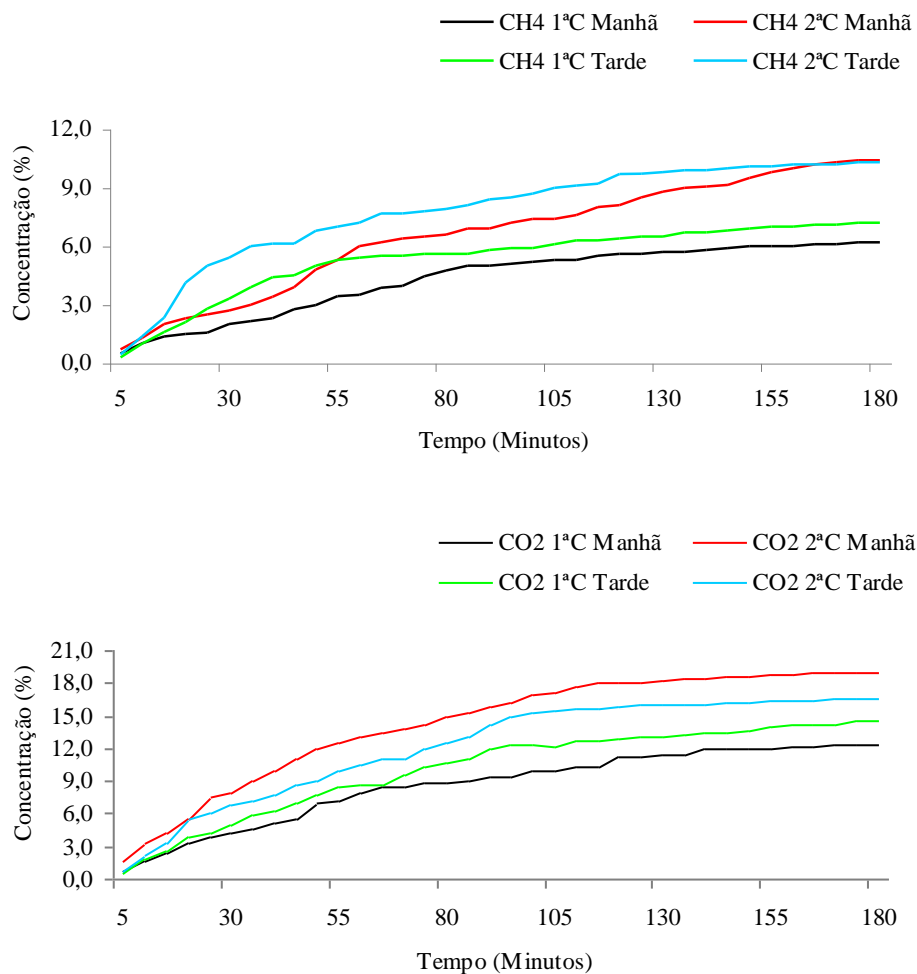
Park e Shin (2001) observaram que o aumento do fluxo do gás está diretamente relacionado com a elevação da temperatura do solo na camada. Ao longo das 24 horas do dia, o fluxo de gases entre as 20:00 e as 04:00 horas foi mínimo, comparado com medições realizadas das 12:00 às 18:00 horas. Esse fato foi observado em diferentes épocas do ano, onde as temperaturas do solo variam de -10°C a 35°C .

4.9.2 Análise Específica

Uma análise detalhada dos dados alcançados durante as leituras de cada Ponto (1 a 5) nas duas campanhas permitiu observar que houve crescimento na concentração dos dois gases no interior da placa ao longo dos 180 minutos de monitoramento - como esperado, por se tratar de medições em fluxo estático (Dados das medições estão nos Apêndices E1 - E10).

As Figuras 60 a 64 mostram o comportamento das concentrações do CO_2 e do CH_4 no interior da placa instalada nos respectivos Pontos 1 a 5 em cada campanha. Para o **Ponto 1**, tem-se a representação das concentrações mostrada na Figura 60.

Figura 60 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ na placa, por turno (Ponto 1, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Verificou-se, na **primeira campanha** realizada no Ponto 1, um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 85 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 1,4) e até os 55 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 1,7). Nas duas campanhas e nos dois turnos, houve um crescimento mais lento, após os tempos supracitados, até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 145 minutos.

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração do CH₄ até os 60 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 1,6) e até os 35 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 2,1). Nas duas campanhas, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 160 minutos (manhã) e 120 minutos (tarde).

Em relação ao CO₂, verificou-se na **primeira campanha** realizada no Ponto 1, um elevado acréscimo da concentração até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 2,4) e até os 90 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 2,3). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 130 minutos (manhã) e 110 minutos (tarde).

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração do CO₂ até os 115 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,8) e até os 95 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 4,0). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 115 minutos (manhã) e 125 minutos (tarde).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura no Ponto 1 foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 8,6% de CO₂, 4,3% de CH₄, 8,9% de O₂ e 78,2% de outros gases. Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,7 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,3 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 14,3% de CO₂, 6,6% de CH₄, 6,3% de O₂ e 72,9% de outros gases.

À tarde, os gases emitidos foram compostos, na **primeira campanha**, em média, por 10,1% de CO₂, 5,4% de CH₄, 8,9% de O₂ e 75,6% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes), como se observa: 12,2% de CO₂, 7,8% de CH₄, 7,5% de O₂ e 72,5% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 50.

Como se observa na Tabela 50, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 6,0 (1^aC) e 6,9% (2^aC), para o CO₂ foi 12,0 e 18,0% e para O₂ foi 8,3 e 8,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,5 (1^aC) e 0,7 (2^aC) e a maior 6,2 (1^aC) e 10,4% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,7 e 1,7%; maiores valores: 12,4 e 19,0%). Para o O₂ (menores valores: 7,4 e 4,0%; maiores valores: 10,6 e 9,6%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela manhã no Ponto 1.

À **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 5,6 (1^aC) e 10,2% (2^aC), para o CO₂ foi 12,3 e 16,0% e para O₂ foi 9,8 e 6,0%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,5% (2^aC) e a maior 7,2 (1^aC) e 10,3% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,7%; maiores valores: 14,5 e 16,5%). Para o O₂ (menores valores: 7,3 e 5,8%; maiores valores: 11,0 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela tarde no Ponto 1.

Tabela 50 - Concentrações dos gases no Ponto 1 por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>
Moda	6,0	6,9	12,0	18,0	8,3	8,0	76,1	66,6
Mínimo	0,5	0,7	0,7	1,7	7,4	4,0	73,9	66,4
Máximo	6,2	10,4	12,4	19,0	10,6	9,6	88,2	88,0
Desvio padrão	1,8	2,9	3,4	5,1	0,8	1,5	4,4	6,5
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,7 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,3 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>	<i>1^a C</i>	<i>2^a C</i>
Moda	5,6	10,2	12,3	16,0	9,8	6,0	72,9	67,3
Mínimo	0,3	0,5	0,6	0,7	7,3	5,8	70,9	67,2
Máximo	7,2	10,3	14,5	16,5	11,0	10,0	88,1	88,8
Desvio padrão	1,8	2,6	4,1	4,7	1,1	1,2	4,9	6,1
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da **primeira** para a **segunda** campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram, como se observa na Tabela 51. Os resultados das medições que permitiram essa estimativa estão nos Apêndices F1 e F2.

Tabela 51 - Fluxo mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 1 (duas campanhas)

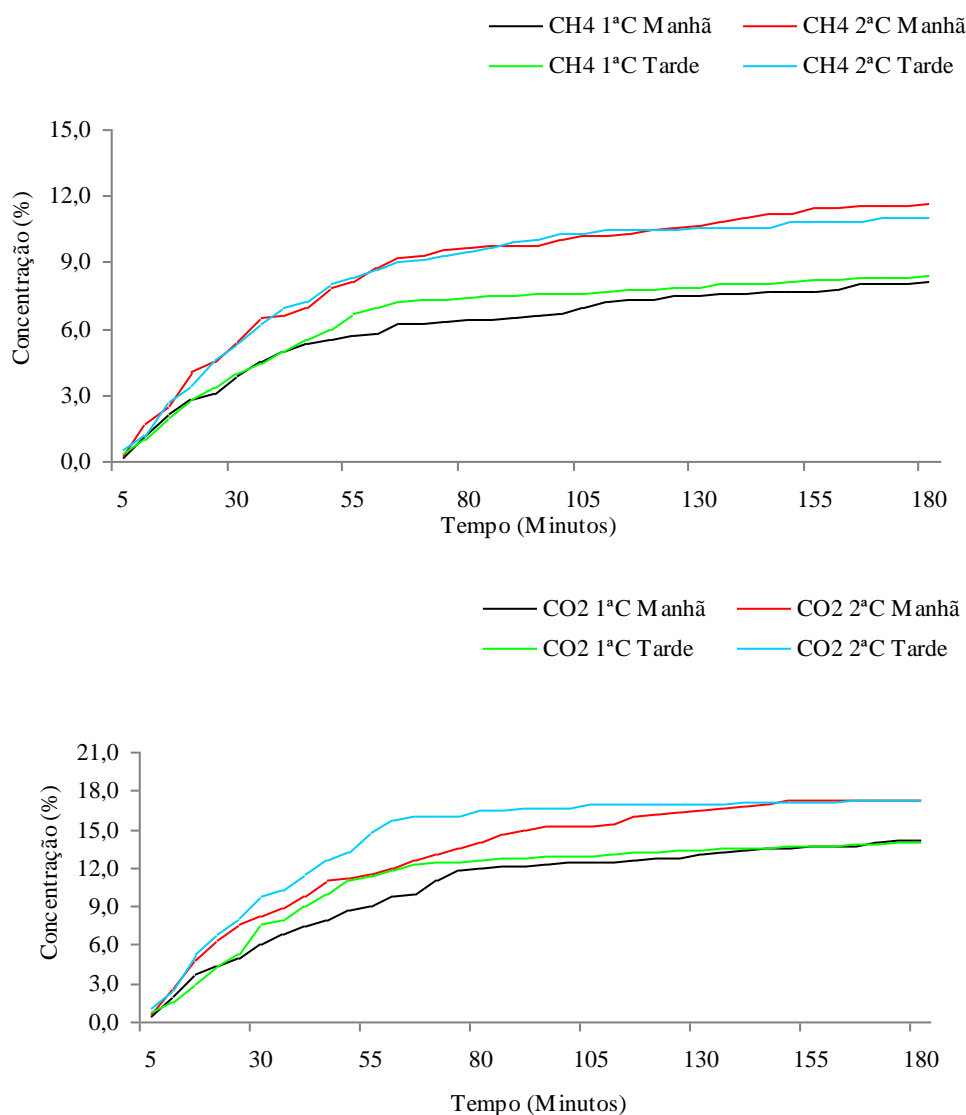
Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,5 x 10 ⁻³	3,5 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			1,3 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻²	6,9 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,4 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,9 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	8,5 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			2,0 x 10 ⁻⁵	2,9 x 10 ⁻⁵	4,0 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,6 x 10 ⁻³	3,6 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻²	1,6 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		1,2 x 10 ⁻²			2,9 x 10 ⁻²	6,6 x 10 ⁻²	8,1 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	4,1 x 10 ⁻⁶	5,7 x 10 ⁻⁶	7,4 x 10 ⁻⁶	9,0 x 10 ⁻⁶	
Máximo				2,0 x 10 ⁻⁵	4,6 x 10 ⁻⁵	3,8 x 10 ⁻⁵	4,7 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **Ponto 2**, tem-se a representação das concentrações mostrada na Figura 61.

Figura 61 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ na placa, por turno (Ponto 2, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Verificou-se, nas **duas campanhas** realizadas no Ponto 2, um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 1,9 para 1ªC e 2,8 para 2ªC) e até os 60 (1ªC) e 90 minutos (2ªC) iniciais pela **tarde**.

Nas **duas** campanhas pela **manhã**, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 110 minutos. À **tarde**, houve um crescimento mais lento a partir dos 115 minutos (1ªC) e 90 minutos (2ªC).

Em relação ao CO₂, verificou-se na **primeira campanha** realizada no Ponto 2, um elevado acréscimo da concentração até os 75 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 3,3) e até os 65 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 4,0). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 140 minutos (manhã) e 70 minutos (tarde).

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração do CO₂ até os 90 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,1) e até os 60 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 4,7). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 150 minutos (manhã) e 60 minutos (tarde).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura no Ponto 2 foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 10,5% de CO₂, 6,1% de CH₄, 9,1% de O₂ e 74,4% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 *vezes* e CH₄: 0,4 *vezes*) e redução nos demais (O₂: 0,2 *vezes* e OG: 0,1 *vezes*), como se observa: 13,2% de CO₂, 8,8% de CH₄, 7,5% de O₂ e 70,5% de outros gases.

À tarde, os gases emitidos foram compostos, na **primeira campanha**, em média, por 11,2% de CO₂, 6,6% de CH₄, 9,2% de O₂ e 73,0% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂ e CH₄: 0,3 *vezes* cada) e redução nos demais (O₂ e OG: 0,1 *vezes* cada), como se observa: 14,3% de CO₂, 8,6% de CH₄, 8,2% de O₂ e 68,8% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 52.

Tabela 52 - Concentrações dos gases no Ponto 2 por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,7	9,8	13,7	17,2	11,3	6,0	72,3	65,0
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,6	7,0	6,0	70,6	65,0
Máximo	8,1	11,7	14,1	17,3	11,3	10,2	88,1	88,9
Desvio padrão	2,0	3,0	3,7	4,5	1,2	1,3	4,7	6,2
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,6	10,5	12,9	17,0	10,2	9,0	70,5	66,0
Mínimo	0,4	0,5	0,8	1,0	7,2	5,8	69,9	64,0
Máximo	8,4	11,0	14,0	17,2	11,2	10,4	87,6	88,0
Desvio padrão	2,2	2,9	3,7	4,5	1,3	1,4	5,0	6,5
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,3 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,1 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 52, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 7,7 (1ªC) e 9,8% (2ªC), para o CO₂ foi 13,7 e 17,2% e para O₂ foi 11,3 e 6,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1ªC) e 0,3 (2ªC) e a maior 8,1 (1ªC) e 11,7% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,6%; maiores valores: 14,1 e 17,3%). Para o O₂ (menores valores: 7,0 e 6,0%; maiores valores: 11,3 e 10,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela manhã no Ponto 2.

À **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 7,6 (1ªC) e 10,5% (2ªC), para o CO₂ foi 12,9 e 17,0% e para O₂ foi 10,2 e 9,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1ªC) e 0,5% (2ªC) e a maior 8,4 (1ªC) e 11,0% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,8 e 1,0%; maiores valores: 14,0 e 17,2%). Para o O₂ (menores valores: 7,2 e 5,8%; maiores valores: 11,2 e 10,4%). Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela tarde no Ponto 2.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da **primeira** para a **segunda** campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram, como se observa na Tabela 53. Os resultados das medições que permitiram essa estimativa estão nos Apêndices F3 e F4.

Tabela 53 - Fluxo mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 2 (duas campanhas)

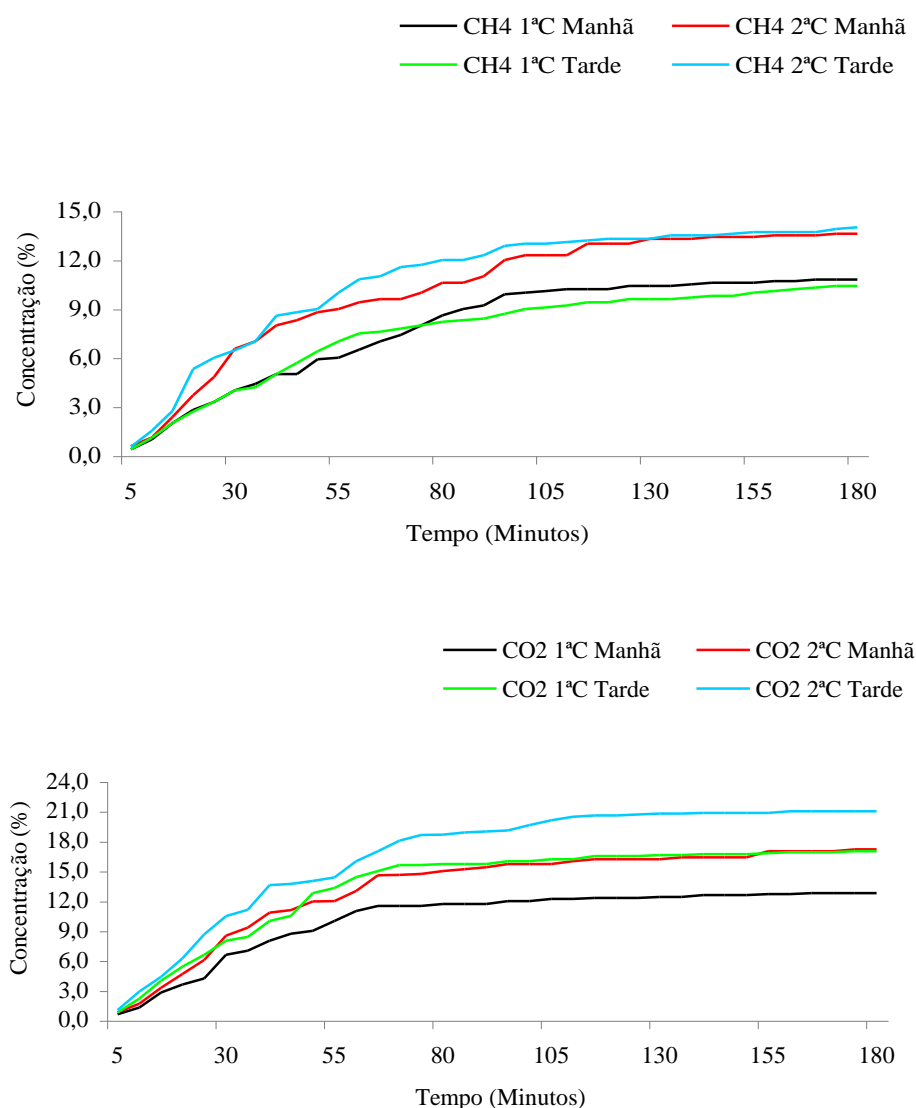
Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,3 x 10 ⁻³	3,4 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			1,0 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²	4,9 x 10 ⁻²	6,2 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,8 x 10 ⁻⁶	5,4 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	8,0 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,7 x 10 ⁻⁵	2,4 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,4 x 10 ⁻³	3,2 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		1,0 x 10 ⁻²			1,5 x 10 ⁻²	6,6 x 10 ⁻²	8,1 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,3 X		0,3 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	3,9 x 10 ⁻⁶	5,1 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	8,0 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,7 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	3,8 x 10 ⁻⁵	4,7 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,3 X		0,2 X			

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **Ponto 3**, tem-se a representação das concentrações mostrada na Figura 62.

Figura 62 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ na placa, por turno (Ponto 3, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Verificou-se, nas **duas campanhas** realizadas no Ponto 3, um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 95 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 2,8 para 1^aC e 3,4 para 2^aC) e até os 60 (1^aC) e 80 minutos (2^aC) iniciais pela **tarde**.

Nas **duas** campanhas pela **manhã**, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 95 (1^aC) e 115 minutos (2^aC). À **tarde**, houve um crescimento mais lento a partir dos 115 minutos (1^aC) e 95 minutos (2^aC).

Em relação ao CO₂, verificou-se, nas **duas campanhas** realizadas no Ponto 3, um elevado acréscimo da concentração até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 3,7 para 1^aC e 4,5 para 2^aC) e até os 70 minutos iniciais das **duas campanhas** pela **tarde**.

Nas **duas** campanhas pela **manhã**, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 105 minutos. À **tarde**, houve um crescimento mais lento a partir dos 115 minutos (1^aC) e 105 minutos (2^aC).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura no Ponto 3 foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 10,2% de CO₂, 7,9% de CH₄, 8,1% de O₂ e 73,8% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂ e CH₄: 0,3 *vezes* cada) e redução nos demais (O₂: 0,2 *vezes* e OG: 0,1 *vezes*), como se observa: 13,3% de CO₂, 10,2% de CH₄, 6,5% de O₂ e 70,0% de outros gases.

À tarde, os gases emitidos foram compostos, na **primeira campanha**, em média, por 13,6% de CO₂, 7,6% de CH₄, 9,3% de O₂ e 69,6% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 *vezes* e CH₄: 0,4 *vezes*) e redução nos demais (O₂: 0,2 *vezes* e OG: 0,1 *vezes*), como se observa: 16,6% de CO₂, 10,8% de CH₄, 7,0% de O₂ e 65,6% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 54.

Tabela 54 - Concentrações dos gases no Ponto 3 por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	10,2	12,3	12,8	16,2	6,5	7,0	70,3	64,5
Mínimo	0,4	0,6	0,6	0,8	6,0	4,7	69,8	64,4
Máximo	10,8	13,6	12,8	17,2	11,3	9,0	87,7	89,6
Desvio padrão	3,2	3,8	3,6	4,7	1,5	1,3	5,4	7,3
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,3 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	9,6	13,7	15,7	21,0	10,0	7,3	65,4	58,0
Mínimo	0,4	0,5	0,8	1,0	7,0	4,5	65,3	59,5
Máximo	10,4	14,0	17,0	21,0	12,0	9,8	86,8	88,6
Desvio padrão	2,9	3,7	4,7	5,8	1,5	1,6	6,2	8,1
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 54, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 10,2 (1ªC) e 12,3% (2ªC), para o CO₂ foi 12,8 e 16,2% e para O₂ foi 6,5 e 7,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1ªC) e 0,6 (2ªC) e a maior 10,8 (1ªC) e 13,6% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,8%; maiores valores: 12,8 e 17,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,0 e 4,7%; maiores valores: 11,3 e 9,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela manhã, exceto para o O₂, no Ponto 3.

À **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 9,6 (1ªC) e 13,7% (2ªC), para o CO₂ foi 15,7 e 21,0% e para O₂ foi 10,0 e 7,3%. Observou-se ainda que a menor

concentração de CH₄ foi 0,4 (1^aC) e 0,5% (2^aC) e a maior 10,4 (1^aC) e 14,0% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,8 e 1,0%; maiores valores: 17,0 e 21,0%). Para o O₂ (menores valores: 7,0 e 4,5%; maiores valores: 12,0 e 9,8%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela tarde no Ponto 3.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da **primeira** para a **segunda** campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram, como se observa na Tabela 55. Os resultados das medições que permitiram essa estimativa estão nos Apêndices F5 e F6.

Tabela 55 - Fluxo mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 3 (duas campanhas)

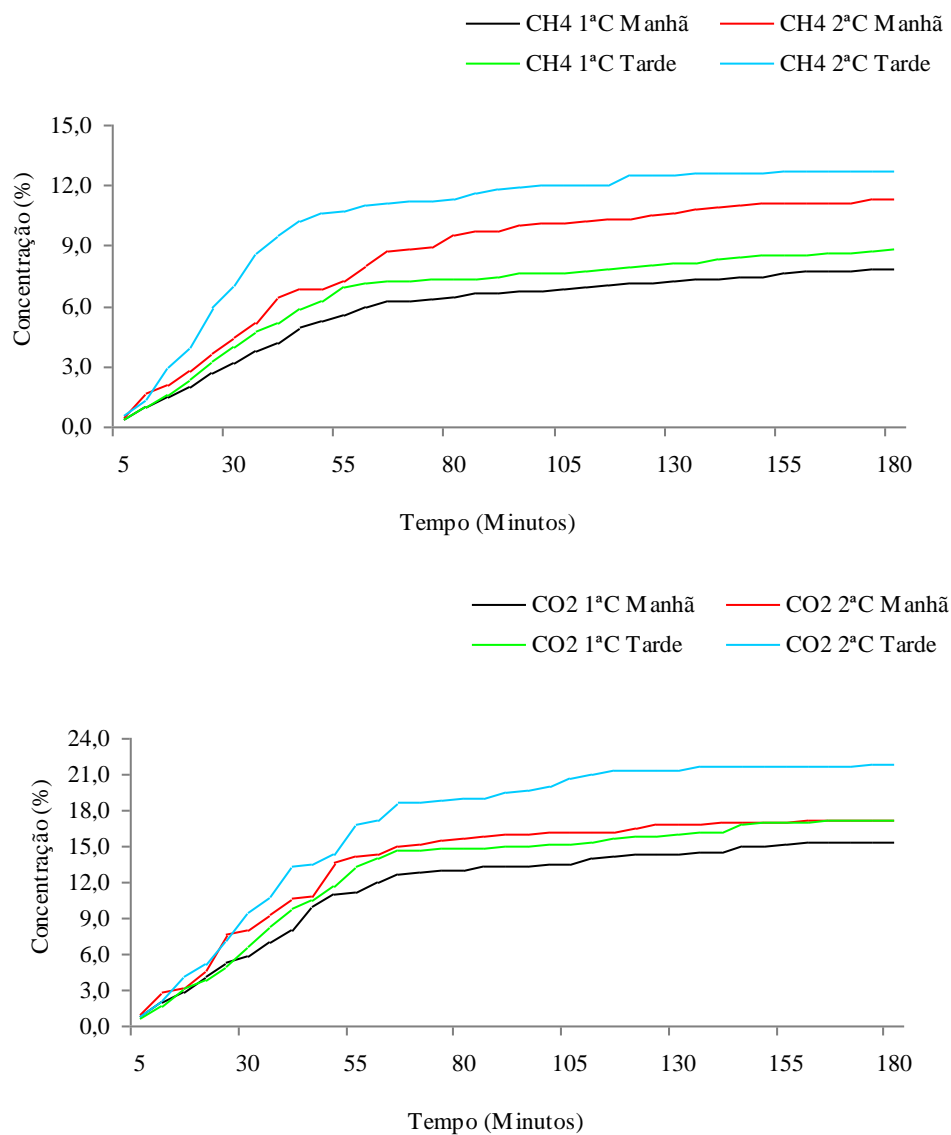
Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	3,1 x 10 ⁻³	3,9 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			1,0 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻²	6,9 x 10 ⁻²	7,0 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,3 X		0,4 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	5,0 x 10 ⁻⁶	6,3 x 10 ⁻⁶	5,9 x 10 ⁻⁶	8,0 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,7 x 10 ⁻⁵	2,9 x 10 ⁻⁵	4,0 x 10 ⁻⁵	4,1 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,3 X		0,4 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	3,0 x 10 ⁻³	4,1 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻²	1,7 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		9,4 x 10 ⁻³			2,7 x 10 ⁻³	6,6 x 10 ⁻²	7,1 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	4,8 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	7,9 x 10 ⁻⁶	9,7 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,5 x 10 ⁻⁵	4,3 x 10 ⁻⁵	3,8 x 10 ⁻⁵	4,1 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **Ponto 4**, tem-se a representação das concentrações mostrada na Figura 63.

Figura 63 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ na placa, por turno (Ponto 4, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Verificou-se, nas **duas campanhas** realizadas no Ponto 4, um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 2,0 para 1°C e 2,7 para 2°C) e até os 55 (1°C) e 60 minutos (2°C) iniciais pela **tarde**.

Nas **duas** campanhas pela **manhã**, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 145 minutos (2ªC). À **tarde**, houve um crescimento mais lento a partir dos 150 minutos (1ªC) e 120 minutos (2ªC).

Em relação ao CO₂, verificou-se na **primeira campanha** realizada no Ponto 4, um elevado acréscimo da concentração até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,0) e **tarde** (Desvio padrão: 4,8). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 145 minutos nos dois turnos.

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração do CO₂ até os 55 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,4) e até os 65 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 6,0). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 125 minutos (manhã) e 115 minutos (tarde).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura no Ponto 4 foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 11,7% de CO₂, 5,9% de CH₄, 9,0% de O₂ e 73,4% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes), como se observa: 13,7% de CO₂, 8,5% de CH₄, 7,0% de O₂ e 70,8% de outros gases.

À tarde, os gases emitidos foram compostos, na **primeira campanha**, em média, por 13,1% de CO₂, 6,7% de CH₄, 10,1% de O₂ e 70,2% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,6 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 17,0% de CO₂, 10,4% de CH₄, 7,9% de O₂ e 64,6% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 56.

Tabela 56 - Concentrações dos gases no Ponto 4 por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,7	11,1	13,4	17,2	8,0	8,2	70,0	63,5
Mínimo	0,4	0,5	0,8	1,0	6,7	5,0	70,0	66,2
Máximo	7,8	11,3	15,4	17,2	12,1	9,4	86,7	89,1
Desvio padrão	2,1	3,1	4,3	4,7	1,6	1,3	4,9	6,8
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,4	12,7	14,8	21,3	12,0	8,4	67,4	57,6
Mínimo	0,4	0,6	0,6	0,8	7,2	6,0	65,8	58,4
Máximo	8,8	12,7	17,2	21,8	12,5	10,0	86,6	88,6
Desvio padrão	2,3	3,3	4,9	6,3	1,5	1,1	6,0	8,7
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,6 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 56, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 7,7 (1ªC) e 11,1% (2ªC), para o CO₂ foi 13,4 e 17,2% e para O₂ foi 8,0 e 8,2%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1ªC) e 0,5 (2ªC) e a maior 7,8 (1ªC) e 11,3% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,8 e 1,0%; maiores valores: 15,4 e 17,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,7 e 5,0%; maiores valores: 12,1 e 9,4%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela manhã, exceto para o O₂ e para os "outros gases" no Ponto 4.

À **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 7,4 (1^aC) e 12,7% (2^aC), para o CO₂ foi 14,8 e 21,3% e para O₂ foi 12,0 e 8,4%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1^aC) e 0,6% (2^aC) e a maior 8,8 (1^aC) e 12,7% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,8%; maiores valores: 17,2 e 21,8%). Para o O₂ (menores valores: 7,2 e 6,0%; maiores valores: 12,5 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela tarde, exceto para o O₂ no Ponto 4.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da **primeira** para a **segunda** campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram, como se observa na Tabela 57. Os resultados das medições que permitiram essa estimativa estão nos Apêndices F7 e F8.

Tabela 57 - Fluxo mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 4 (duas campanhas)

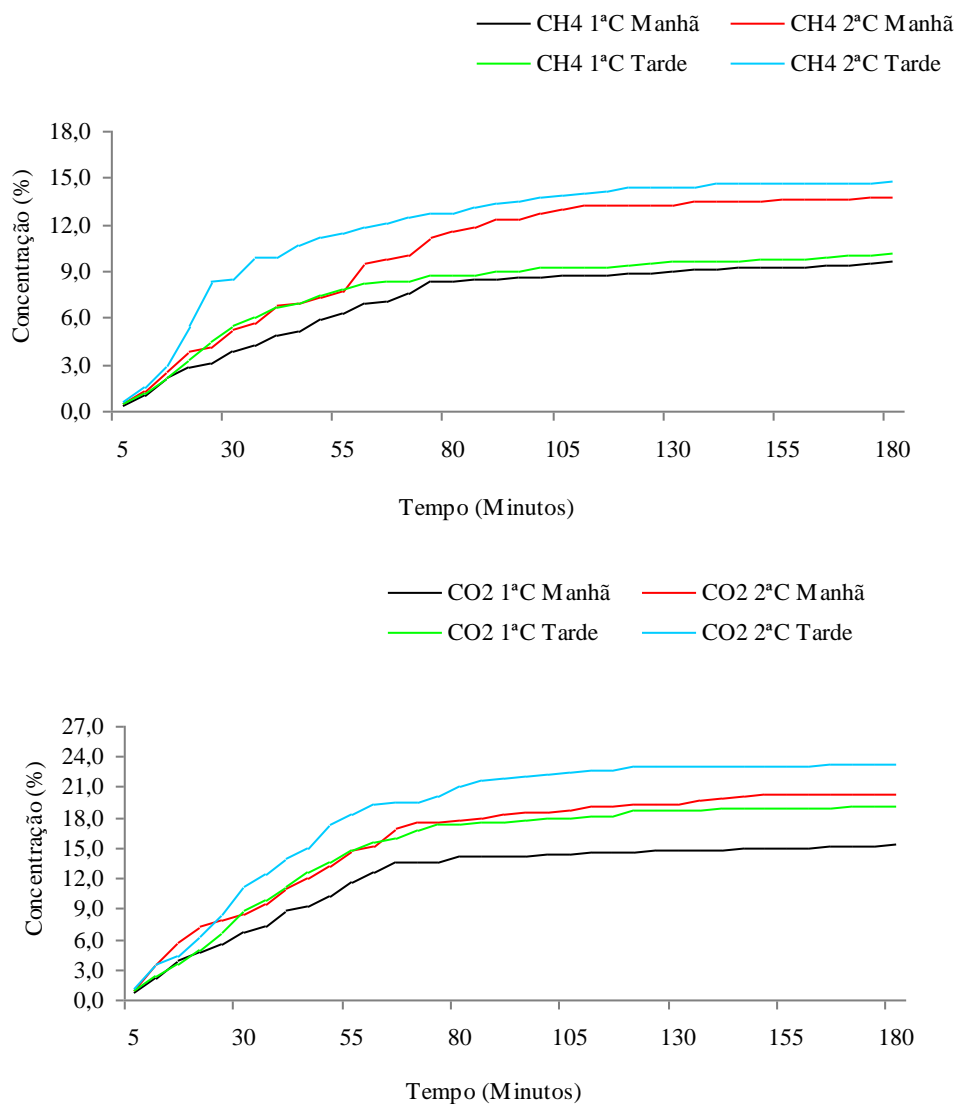
Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,3 x 10 ⁻³	3,3 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			8,3 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻²	5,7 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,6 x 10 ⁻⁶	5,2 x 10 ⁻⁶	7,1 x 10 ⁻⁶	8,0 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,3 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁵	3,3 x 10 ⁻⁵	5,0 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,1 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,5 x 10 ⁻³	3,7 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻²	1,7 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		9,4 x 10 ⁻³			2,1 x 10 ⁻²	4,9 x 10 ⁻²	7,3 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	4,1 x 10 ⁻⁶	5,9 x 10 ⁻⁶	8,0 x 10 ⁻⁶	1,0 x 10 ⁻⁵	
Máximo				1,5 x 10 ⁻⁵	3,4 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	4,2 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X			

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Para o **Ponto 5**, tem-se a representação das concentrações mostrada na Figura 64.

Figura 64 - Concentração (%) de CO₂ e CH₄ na placa, por turno (Ponto 5, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Verificou-se, na **primeira campanha** realizada no Ponto 5, um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 75 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 2,4) e até os 60 iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 2,7). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 75 minutos (manhã) e 130 minutos (tarde).

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração de CH₄ até os 90 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 3,7) e até os 100 iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 2,8). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento das concentrações até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 110 minutos (manhã) e 120 minutos (tarde).

Em relação ao CO₂, verificou-se na **primeira campanha** realizada no Ponto 5, um elevado acréscimo da concentração até os 65 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,0) e até os 70 minutos iniciais de ensaio pela **tarde** (Desvio padrão: 5,4). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 115 minutos no turno da **manhã** e 140 minutos à **tarde**.

Na **segunda campanha**, houve um elevado acréscimo da concentração do CO₂ até os 5 minutos iniciais de ensaio pela **manhã** (Desvio padrão: 4,4) e até os 60 minutos iniciais pela **tarde** (Desvio padrão: 6,1). Nessa campanha, houve um crescimento mais lento até o fim das medições, com tendência da curva ficar paralela ao eixo do tempo a partir dos 120 minutos (manhã) e 125 minutos (tarde).

Os gases emitidos pelo solo da camada de cobertura no Ponto 5 foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 12,0% de CO₂, 7,2% de CH₄, 9,5% de O₂ e 71,3% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes), como se observa: 15,8% de CO₂, 10,2% de CH₄, 7,3% de O₂ e 66,7% de outros gases.

À tarde, os gases emitidos foram compostos, na **primeira campanha**, em média, por 15,1% de CO₂, 7,9% de CH₄, 9,3% de O₂ e 67,7% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,3 vezes e

OG: 0,1 vezes), como se observa: 18,6% de CO₂, 11,9% de CH₄, 6,9% de O₂ e 62,6% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 58.

Tabela 58 - Concentração dos gases no Ponto 5 por turno (duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	9,2	13,2	15,0	20,2	11,0	5,9	68,1	60,7
Mínimo	0,4	0,5	0,8	1,0	6,7	4,6	67,6	60,4
Máximo	9,6	13,7	15,3	20,2	13,0	10,7	85,8	87,7
Desvio padrão	2,7	4,1	4,2	5,4	1,9	1,5	5,2	8,1
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	9,6	14,4	18,8	23,0	12,2	6,9	64,4	55,7
Mínimo	0,5	0,6	0,9	1,2	6,0	4,3	63,5	55,7
Máximo	10,1	14,8	19,1	23,2	13,0	10,0	85,6	88,2
Desvio padrão	2,6	3,8	5,4	6,5	2,1	1,4	6,2	9,0
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,3 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 58, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 9,2 (1ªC) e 13,2% (2ªC), para o CO₂ foi 15,0 e 20,2% e para O₂ foi 11,0 e 5,9%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1ªC) e 0,5 (2ªC) e a maior 9,6 (1ªC) e 13,7% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,8 e 1,0%; maiores valores: 15,3 e 20,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,7 e 4,6%; maiores valores: 13,0 e 10,7%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela manhã, exceto para o O₂ no Ponto 5.

À **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 9,6 (1^aC) e 14,4% (2^aC), para o CO₂ foi 18,8 e 23,0% e para O₂ foi 12,2 e 6,9%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,5 (1^aC) e 0,6% (2^aC) e a maior 10,1 (1^aC) e 14,8% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,9 e 1,2%; maiores valores: 19,1 e 23,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,0 e 4,3%; maiores valores: 13,0 e 10,0%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra pela tarde, exceto para o O₂ no Ponto 5.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da **primeira** para a **segunda** campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura da CE também aumentaram, como se observa na Tabela 59. Os resultados das medições que permitiram essa estimativa estão nos Apêndices F9 e F10.

Tabela 59 - Fluxo mássico e volumétrico dos gases pela cobertura no Ponto 5 (duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,8 x 10 ⁻³	4,0 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,6 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			1,3 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻²	4,9 x 10 ⁻²	7,1 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	4,4 x 10 ⁻⁶	6,3 x 10 ⁻⁶	7,1 x 10 ⁻⁶	9,4 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			2,0 x 10 ⁻⁵	2,9 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	4,1 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,9 x 10 ⁻³	4,3 x 10 ⁻³	1,5 x 10 ⁻²	1,8 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		1,2 x 10 ⁻²			2,9 x 10 ⁻²	6,0 x 10 ⁻²	7,6 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	4,7 x 10 ⁻⁶	6,9 x 10 ⁻⁶	8,8 x 10 ⁻⁶	1,1 x 10 ⁻⁵	
Máximo				2,0 x 10 ⁻⁵	4,6 x 10 ⁻⁵	3,5 x 10 ⁻⁵	4,4 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X			

C = Campanha. Primeira campanha (06 a 10/02/2012), Segunda campanha (13 a 17/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.10 Avaliação do Desenvolvimento das Gramíneas

4.10.1 Considerações gerais

Algumas sementes iniciaram a germinação após 10 - 12 dias do plantio, como se observa na Figura 65, exceto as sementes da grama Bermuda, já que seu período mínimo para germinação é estimado em 40 - 45 dias. Silsbury (1970) *apud* ADESE LOPES (2003) apresentou cinco estágios distintos de crescimento e desenvolvimento de uma folha de gramínea: iniciação, pré-aparecimento, aparecimento, maturidade e senescência.

Figura 65 - Imagens das primeiras germinações das sementes de capim na CE, 2011

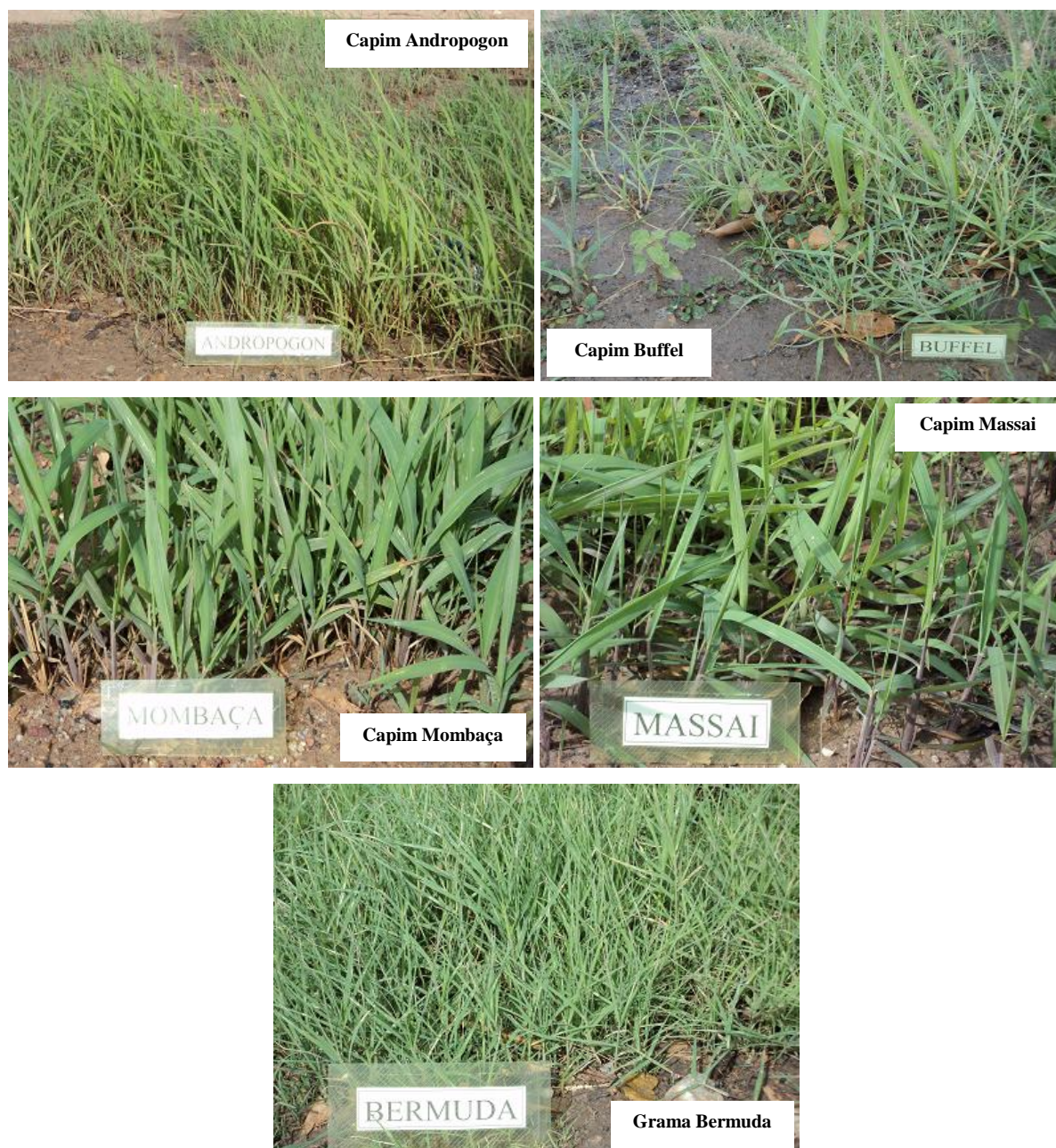


Fonte: do Autor (2012)

Após 60 dias do plantio das sementes, todas as espécies apresentaram crescimento, como se observa na Figura 66. Para Waller *et al.* (1985) *apud* ADESE LOPES (2003) o período de crescimento vegetativo é caracterizado pelo aparecimento de folhas e perfilhos e o

alongamento é referido como período de transição entre o crescimento vegetativo e o reprodutivo.

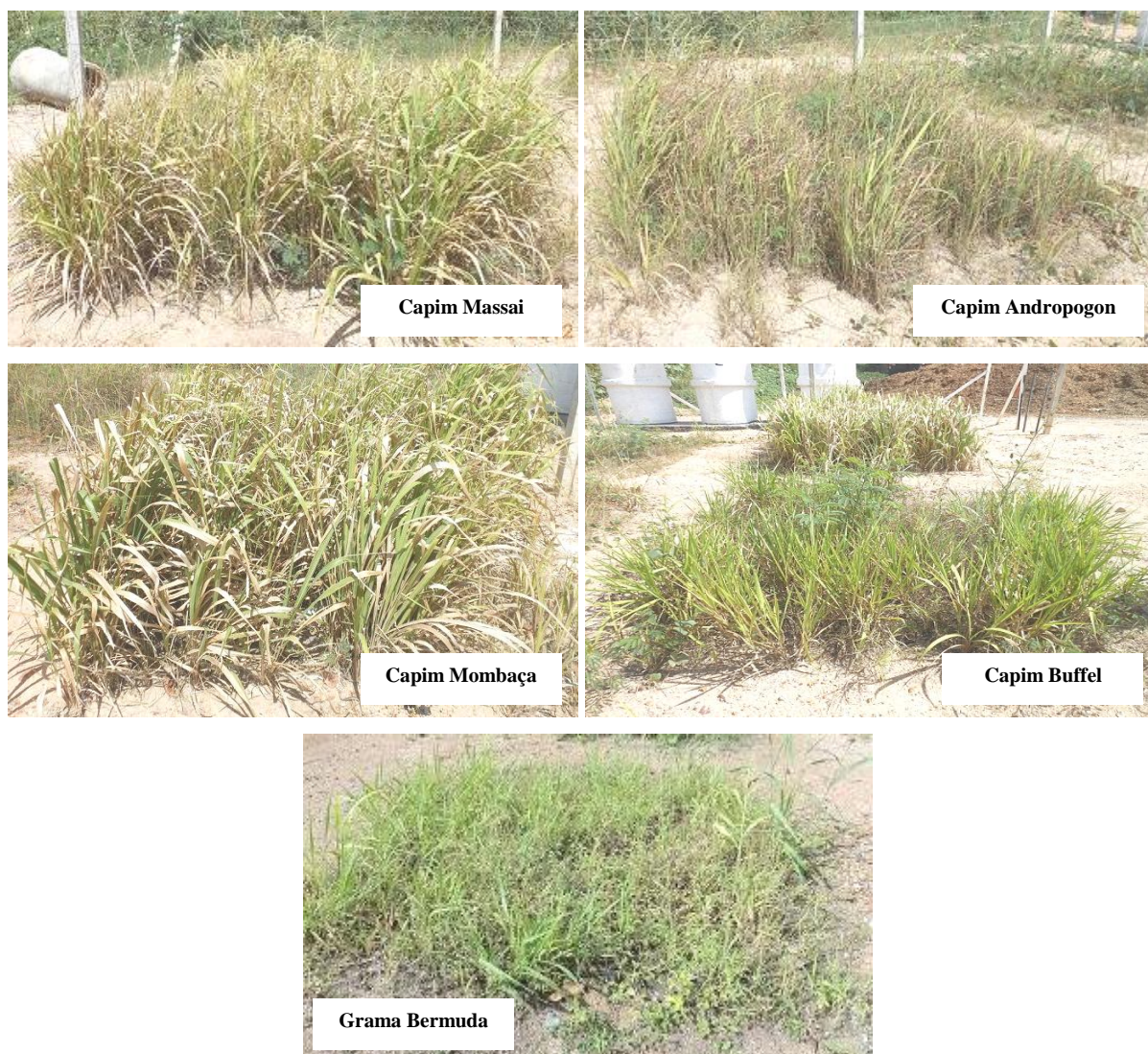
Figura 66 - Imagens dos cultivos dois meses após o plantio na CE, 2011



Fonte: do Autor (2012)

Considerando o cenário de crescimento acima, foram realizados os cortes dos cultivos entre 19 e 23 de dezembro de 2011 para realização da primeira campanha (1ª C) e entre 25 e 29 de junho de 2012 para realização da segunda campanha (2ª C), com o objetivo de avaliar o desenvolvimento das espécies, seguindo as orientações colocadas anteriormente. A Figura 67 mostra a condição dos cultivos durante a 2ª campanha.

Figura 67 - Imagens dos cultivos oito meses após o plantio na CE, 2012



Fonte: do Autor (2012)

Diante da ausência de trabalhos sobre o plantio sistematizado de gramíneas em solos de aterro, os resultados desta pesquisa tiveram que ser comparados a trabalhos com solos próprios para agricultura, ou seja, em condições ideais. Assim, os resultados obtidos pelos pesquisadores citados nas Tabelas 60 a 66 estiveram acima dos encontrados nesta pesquisa, inclusive, são consequência da aplicação (isolada e conjunta) de algum tratamento especial aos cultivos, a saber:

(I) semeadura inicial em vaso ou bandeja,

(II) manutenção dos plantios em casa de vegetação na fase de germinação e transposição para a área da pesquisa apenas quando garantida a sobrevivência das espécies,

(III) seleção do solo mais apto ao plantio de cada semente,

(IV) análise físico-química do solo escolhido,

(V) aração e calagem do solo e,

(VI) adubação com um ou mais nutrientes (potássio, fósforo, nitrogênio).

Com a ausência de tais tratamentos, era esperado que os cultivos sobre o solo da camada de cobertura da CE resultassem em indicadores de desenvolvimento menores. Os resultados das medições dos cultivos estão nos Apêndices G a J.

4.10.2 Características Morfogênicas

Entre os cultivos, o capim Mombaça foi o que apresentou a maior Taxa de Aparecimento de Folhas - TapF (1ª Campanha: 0,087 folhas/perfilho/dia, 2ªC: 0,085), seguido do capim Buffel (1ªC: 0,069 folhas/perfilho/dia, 2ªC: 0,062), do capim Andropogon (1ªC: 0,066 folhas/perfilho/dia, 2ªC: 0,062) e do capim Massai (1ªC: 0,057 folhas/perfilho/dia, 2ªC: 0,056).

Alguns resultados da literatura estão consolidados na Tabela 60, em comparação com os valores obtidos nesta pesquisa durante as duas campanhas. Observou-se que todos cultivos apresentaram boa recuperação pós-corte, mas com valores da TapF menores na segunda campanha. Resultado semelhante foi encontrado por Gomide e Gomide (2000), que estudaram o capim Mombaça, Vencedor, Tanzânia e Centenário. Segundo os autores, a menor taxa de aparecimento de folhas correspondeu ao crescimento de rebrota (que seria a 2ª campanha deste trabalho) relativamente ao de estabelecimento (1ª campanha).

Difante *et al.* (2011) explicam que a remoção da massa de forragem pelo corte ou pastejo desencadeia mecanismos que controlam alterações morfológicas das plantas forrageiras (parte aérea), as quais variam conforme a duração e a intensidade do processo de desfolhação. No experimento dos autores e nesta pesquisa, as alturas de corte avaliadas não foram drásticas o suficiente para comprometer a recuperação das plantas.

Tabela 60 - Resultados da TapF dos capins estudados e valores encontrados na literatura

Nome	Autor(es)/Ano	TapF folhas/perfilho/dia	Valor encontrado	
			1ª campanha	2ª campanha
			após 60 dias do plantio	após 240 dias do plantio
Mombaça	Gomide e Gomide (2000)	0,118	0,087	0,085
	Garcez Neto <i>et al.</i> (2002)	0,070 - 0,130		
	Gomide, Gomide e Alexandrino (2003)	0,100 - 0,104		
	Pimentel <i>et al.</i> (2008)	0,193		
	Mesquita e Neres (2008)	0,174		
	Mochel Filho (2009)	0,086 - 0,103		
	Valim Pereira (2009)	0,119 - 0,259		
	Castagnara (2009)	0,073		
	Mesquita <i>et al.</i> (2010)	0,145		
Buffel	Porto (2009)	0,120 - 0,250	0,069	0,062
	Edvan (2010)	0,220 - 0,270		
	Edvan <i>et al.</i> (2010)	0,240		
	Leal <i>et al.</i> (2011)	0,150 - 0,170		
Andropogon	Trindade e Rocha (2001)	0,057 - 0,082	0,066	0,062
	Lana Sousa (2009)	0,073 - 0,078		
	Avelar Magalhães (2010)	0,148 - 0,188		
Massai	Martuscello <i>et al.</i> (2004)	0,088	0,057	0,056
	Martuscello <i>et al.</i> (2006)	0,059 - 0,127		
	Sombra <i>et al.</i> (2009)	0,132 - 0,141		

Legenda: Taxa de Aparecimento de Folhas - TapF

Fonte: do Autor (2012)

A altura de corte de 10 cm, praticada nesta pesquisa, deve ter assegurado às plantas maior quantidade de radiação solar nas folhas próximas ao solo, ativando assim as gemas dormentes. Adese Lopes (2003) acrescenta que os responsáveis pela sobrevivência dos tecidos remanescentes e respiração celular, logo após o corte ou pastejo, são as reservas orgânicas e a área foliar remanescente.

Como se observa, o valor obtido para a TapF do capim Mombaça esteve abaixo dos resultados obtidos na literatura, exceto para os valores encontrados por Garcez Neto *et al.* (2002), Mochel Filho (2009) e Castagnara (2009) durante a primeira campanha e Garcez Neto *et al.* (2002) e Castagnara (2009) durante a segunda campanha.

As TapF do capim Buffel e Massai estiveram abaixo dos resultados constantes na literatura. Já o capim *Andropogon* apresentou TapF dentro apenas do intervalo obtido por Trindade e Rocha (2001). Apesar dessas particularidades, houve, em geral, baixa velocidade de formação do tecido fotossintético em todos os cultivos realizados sobre o solo da CE.

A TapF é considerada uma das principais características da morfogênese, devido a sua influência direta nos componentes da estrutura do dossel, sendo influenciada pela temperatura e disponibilidade hídrica. Aumentos na TapF geralmente resultam em maior número de folhas por perfilho, principalmente quando associados a baixa taxa de senescência²⁶ foliar.

Gomide (2001), ao revisar vários autores, lembra que a TapF varia com o genótipo, nível de inserção e fatores de meio como luz, temperatura, água no solo, nutrientes, intensidade de desfolha e estação do ano.

De acordo De Souza (2007), um dos principais obstáculos à revegetação de aterros é a deficiência de nutrientes nos solos empregados ou a falta de solo ideal para o crescimento das espécies vegetais, já que numa célula encerrada o que se tem é uma camada superficial de um solo muito argiloso. Além disso, há ausência de maiores teores de matéria orgânica, micro e mesofauna e nutrientes minerais (LONDE e BITAR, 2011).

Normalmente, o solo da área de um aterro sanitário não possui estrutura primária necessária para estabelecimento e crescimento de raízes de boa parte das espécies arbóreas pioneiras e definitivas. Por este motivo recomenda-se fazer uma primeira fase de colonização do solo por consórcios herbáceos e arbustivos (geralmente gramíneas e leguminosas). Espera-se com isso que uma nova camada superficial de solo seja formada, pois este consórcio estará desempenhando um papel de corretor do solo, já que as espécies de leguminosas irão fixar nitrogênio e desse modo, melhorar as condições químicas do solo para a introdução futura de outras espécies mais nobres (DE SOUZA, 2007, p.25).

Com relação ao Filocrono (Fil), que é o inverso da TapF, o capim Massai foi o que apresentou o maior valor (1^aC: 17,4 dias/folha/perfilho, 2^aC: 17,8), seguido do capim *Andropogon* (1^aC: 15,2 dias/folha/perfilho, 2^aC: 16,1), do capim Buffel (1^aC: 14,6 dias/folha/perfilho, 2^aC: 16,2) e do capim Mombaça (1^aC: 11,5 dias/folha/perfilho, 2^aC: 11,8).

²⁶ Senescência: processo natural de envelhecimento.

Os resultados constantes na literatura são apresentados na Tabela 61 em comparação com os valores encontrados nesta pesquisa.

Tabela 61 - Resultados do Filocrono dos capins estudados e valores encontrados na literatura

Nome	Autor(es)/Ano	Fil dias/folha/perfilho	Valor encontrado	
			1ª campanha	2ª campanha
			após 60 dias do plantio	após 240 dias do plantio
Massai	Martuscello <i>et al.</i> (2004)	11,49	17,4	17,8
	Lopes <i>et al.</i> (2009)	15,86		
	Pompeu <i>et al.</i> (2011)	12,01		
	Motta e Paulino (2011)	14,9 - 15,8		
Andropogon	Lana Sousa (2009)	12,8 - 13,6	15,2	16,1
	Trindade e Rocha (2001)	15,1 - 21,4		
Buffel	Edvan (2010)	3,68 - 4,66	14,6	16,2
	Edvan <i>et al.</i> (2010)	4,52		
	Moura de Oliveira <i>et al.</i> (2011)	5,89 - 6,67		
Mombaça	Garcez Neto <i>et al.</i> (2002)	8 - 16	11,5	11,8
	Pimentel <i>et al.</i> (2008)	5,17		
	Mesquita e Neres (2008)	5,83		
	Castagnara (2009)	14,82		
	Mesquita <i>et al.</i> (2010)	7,16		

Legenda: Filocrono - Fil

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o valor do Filocrono de todos os capins pesquisados esteve acima dos resultados obtidos na literatura, exceto para o capim Andropogon - quando comparado aos resultados de Trindade e Rocha (2001) - e para o Mombaça, quando comparado aos resultados de Garcez Neto *et al.* (2002) e Castagnara (2009), ambos nas duas campanhas.

Sem tais exceções, houve, no geral, demora entre o aparecimento de folhas sucessivas e baixo desenvolvimento vegetal, sendo válidas as mesmas justificativas feitas na discussão da TapF em relação aos tratamentos especiais dados pelos autores aos seus cultivos. Como comentado anteriormente, os cortes não foram drásticos o suficiente para comprometer

a recuperação das plantas, mas, concordando com os resultados de Edvan *et al.* (2011), as plantas levaram mais tempo para se recuperar.

Conforme Miglietta (1991) *apud* ANTÔNIO DE OLIVEIRA *et al.* (2000), o aumento no filocrono (dias/folha) ocorre em razão do aumento no tempo necessário para a folha percorrer a distância entre o meristema apical e a extremidade do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas, que aumenta sucessivamente para cada folha.

Dito de outra forma, à medida que avança o estágio de desenvolvimento da planta, após passar por uma fase de intenso aparecimento de folhas e perfilhos, observa-se contínuo alongamento do pseudocolmo, resultando em aumento do filocrono de folhas individuais (ANTÔNIO DE OLIVEIRA *et al.* 2000).

Outro aspecto a considerar foi a influência negativa da rigidez da camada de cobertura, deixada pelo equipamento compactador (Trator de esteiras de 25 toneladas), somada à resistência natural do solo da CE à penetração das raízes para o desenvolvimento vegetal.

A Figura 68 exemplifica o efeito negativo da camada extremamente compactada, em função do peso do trator de esteiras, sobre o crescimento das raízes.

Figura 68 - Imagens das raízes de alguns cultivos estudados, 2012



Fonte: do Autor (2012)

Conforme Primavesi (2002):

Quando a raiz tem desenvolvimento livre, duplicando seu comprimento, o espaço explorado será 8 vezes maior. A planta explora um maior volume de solo, sendo melhor nutrida [...]. Portanto qualquer barreira que impeça o livre desenvolvimento radicular representa um empecilho ao desenvolvimento vegetal [...]. Com o aumento da densidade aparente do solo a raiz encontra dificuldade de penetração (a partir de 1,2 g/cm³) [...]. Quanto maior o calor que alcança o solo, tanto mais prejudicial para a raiz [...]. Em clima seco, onde a quantidade de água não é suficiente para percolar todo o perfil do solo, as raízes permanecem na camada superficial (PRIMAVESI, 2002, p.51, 53, 54, 56).

Com relação à Taxa de Alongamento das Folhas (TalF), o capim Mombaça foi o que apresentou o maior valor (1^aC: 0,931 cm/perfilho/dia, 2^aC: 0,907), seguido do capim Andropogon (1^aC: 0,845 cm/perfilho/dia, 2^aC: 0,812), do capim Massai (1^aC: 0,656 cm/perfilho/dia, 2^aC: 0,604) e do capim Buffel (1^aC: 0,615 cm/perfilho/dia, 2^aC: 0,604).

Os resultados da literatura são apresentados na Tabela 62, em comparação com os valores encontrados nesta pesquisa.

Tabela 62 - Resultados da TalF dos capins estudados e encontrados na literatura

Nome	Autor(es)/Ano	TalF cm/perfilho/dia	Valor encontrado	
			1 ^a campanha após 60 dias do plantio	2 ^a campanha após 240 dias do plantio
Mombaça	Garcez Neto <i>et al.</i> (2002)	2,5 - 6,0	0,931	0,907
	Mesquita e Neres (2008)	3,0		
	Valim Pereira (2009)	1,47 - 3,42		
	Mochel Filho (2009)	1,50 - 2,21		
	Mesquita <i>et al.</i> (2010)	2,5 - 2,7		
Andropogon	Trindade e Rocha (2001)	5,7	0,845	0,812
	Lana Sousa (2009)	2,5 - 3,2		
	Avelar Magalhães (2010)	1,87 - 2,84		
Massai	Martuscello <i>et al.</i> (2004)	1,65	0,656	0,604
	Lopes <i>et al.</i> (2009)	0,84 - 1,38		
Buffel	Costa Santos <i>et al.</i> (2009)	5,2	0,615	0,604
	Sousa Moreira <i>et al.</i> (2010)	6,8 - 8,9		
	Cunha dos Santos <i>et al.</i> (2011)	3,8 - 5,6		

Legenda: Taxa de Alongamento das Folhas - TalF

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o valor da TalF de todos os capins pesquisados nas duas campanhas esteve abaixo dos resultados obtidos na literatura e isso significa que houve baixo rendimento forrageiro. Geraldini *et al.* (2010) destacam que as diferenças na morfologia de cada genótipo também são responsáveis pela variação nessa característica. Assim, a TalF varia, inclusive, dentro da mesma espécie.

Para Garcez Neto (2001), um aumento na taxa de alongamento parece coincidir com um aumento na divisão celular, resultando em um maior número de células em alongamento num dado momento. Correlacionando esta informação com a presente pesquisa, pode-se afirmar que os baixos valores encontrados sugerem que houve baixa divisão celular.

Revisões de literatura feitas por Santos, Balsalobre e Corsi (2004), em um trabalho com capim Mombaça, apontam que o estresse hídrico reduz a taxa de alongamento. Com isso, se a taxa de água aplicada nesta pesquisa durante a irrigação dos cultivos foi baixa alguma influência negativa pode ter ocorrido. Cecato *et al.* (1996) observaram que 81% da produção do capim Mombaça se concentrou no período de maior precipitação e temperatura.

4.10.3 Características Estruturais

Quanto ao Comprimento Médio das Folhas (CMF), o capim Mombaça esteve em primeiro lugar (1^aC: 55,8 cm, 2^aC: 57,0), seguido do capim Andropogon (1^aC: 51,2 cm, 2^aC: 48,7), do capim Massai (1^aC: 39,3 cm, 2^aC: 36,9) e do capim Buffel (1^aC: 36,9 cm, 2^aC: 36,3).

Castagnara (2009) lembra que ocorre diminuição do comprimento das lâminas em pastagens sujeitas à maior intensidade de desfolha, concordando com o que aconteceu em todos os cultivos desta pesquisa, de uma campanha para outra, exceto com o capim Mombaça. Muller *et al.* (2012) destacam que a remoção de área foliar provoca estresse na planta, e o momento e a intensidade da desfolha afetarão em maior ou menor grau a produção de matéria seca e sementes.

Para os autores revisados por Barros Oliveira *et al.* (1996), o comprimento das folhas possui relação com várias características: comprimento do colmo, nível de inserção do perfilho, existência de condições favoráveis e constantes de crescimento, divisão celular, comprimento da bainha, entre outros.

Conforme entendido em Porto (2009), os fatores determinantes do comprimento da folha são a TalF e TapF, uma vez que, para dado genótipo, o período de alongamento da folha é uma fração constante no intervalo de folhas sucessivas. Por conseguinte, as variações na TalF e TapF, por meio de práticas de manejo (intensidade de pastejo, frequência de desfolhação, fertilização) ou flutuações climáticas, podem ocasionar variações no comprimento final da folha.

Os resultados constantes na literatura são apresentados na Tabela 63, em comparação com os valores encontrados.

Tabela 63 - Resultados do CMF dos capins estudados e valores encontrados na literatura

Nome	Código	Autor(es)/Ano	CMF cm	Valor encontrado	
				1ª campanha	2ª campanha
				após 60 dias do plantio	após 240 dias do plantio
Mombaça	I	Gomide e Gomide (2000)	35 - 60	55,8	57,0
	II	Garcez Neto (2001)	41,9 - 54,4		
	III	Garcez Neto <i>et al.</i> (2002)	34,8 - 55,5		
	IV	Marcelino (2004)	37,1 - 39,7		
	V	Pimentel <i>et al.</i> (2008)	57,6		
	VI	Mesquita e Neres (2008)	55,0		
	VII	Machado e Assis (2010)	60		
	VIII	Dos Santos <i>et al.</i> (2011)	48 - 57		
Andropogon		Veras (2007)	71,53 - 115,56	51,2	48,7
		Mesquita e Neres (2008)	62,66 - 71,66		
		Pimentel <i>et al.</i> (2008)	51,9		
		Ribeiro Júnior <i>et al.</i> (2009)	82		
		Lana Sousa (2009)	48 - 50		
		Vieira da Silva <i>et al.</i> (2010)	68		
Massai		Martuscello <i>et al.</i> (2006)	17,4 - 31,4	39,3	36,9
		Lopes <i>et al.</i> (2011)	8,9 - 10		
		Pompeu <i>et al.</i> (2011)	24,7 - 35,5		
Buffel		-	-	36,9	36,3
Legenda: Comprimento Médio das Folhas - CMF					

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o valor do CMF do capim Mombaça esteve dentro do intervalo de resultados obtidos pelos autores I, II, III e VIII, abaixo dos resultados dos autores V a VII e acima dos resultados obtidos pelo autor IV, na primeira campanha. Na segunda campanha, os resultados estiveram dentro do intervalo de resultados obtidos pelos autores I e VIII, abaixo dos resultados dos autores V a VII e acima dos resultados obtidos pelos autores II, III, IV e VI, ou seja, bem localizados em relação aos dados da literatura.

O valor do CMF do capim Andropogon esteve abaixo dos resultados constantes na literatura, exceto para os valores encontrados por Lana Sousa (2009), nas duas campanhas. Já o CMF do capim Massai esteve acima dos resultados da literatura, nas duas campanhas.

Conforme Porto (2009), o comportamento observado com essa característica (tamanho das folhas) é um bom exemplo da relação existente entre as características morfológicas e estruturais da pastagem.

No entendimento de Quadros (2001), em uma situação de baixos recursos (água e nitrogênio), a limitação do crescimento aéreo constitui uma "economia" que permite maior utilização do carbono e dos recursos limitantes do meio.

Machado *et al.* (1983) *apud* QUADROS (2001) afirma que o fechamento dos estômatos em resposta ao déficit hídrico diminui a entrada de CO₂ e também a produção. O autor observou redução geral na altura do perfilho e no comprimento do limbo foliar no tratamento seco em relação à testemunha.

4.10.4 Características Produtivas

Quanto à Produção de Matéria Seca Total Aérea (PMSTA), o capim Mombaça esteve em primeiro lugar (1^aC: 1480 kg/ha, 2^aC: 1520), seguido do capim Massai (1^aC: 1080 kg/ha, 2^aC: 1160), do capim Andropogon (1^aC: 480 kg/ha, 2^aC: 560) e do capim Buffel (1^aC: 400 kg/ha, 2^aC: 440). Tal sequência sugere uma correlação positiva entre a produção de matéria seca (PMSTA) de cada cultivo e a altura da planta (TalF e CMF).

Os resultados constantes na literatura são apresentados na Tabela 64, em comparação com os valores obtidos nas duas campanhas. É importante observar que a maior

parte dos autores citados aplicou doses de nitrogênio (até 180 kg/ha, em alguns casos) e fósforo sobre os cultivos, atribuindo aos referidos nutrientes os excelentes rendimentos forrageiros (resposta linear), sem contar que trabalharam com solos agrícolas e não de aterro.

Tabela 64 - Resultados da PMSTA dos capins estudados e valores encontrados na literatura

Nome	Autor(es)/Ano	PMSTA kg/ha	Valor encontrado	
			1ª campanha	2ª campanha
			após 60 dias do plantio	após 240 dias do plantio
Mombaça	Euclides (2003)	1945 - 4403	1480	1520
	Marcelino (2004)	3240 - 4360		
	Barros Moreno (2004)	5660		
	Euclides <i>et al.</i> (2008)	1833		
	Machado e Assis (2010)	2042 - 3565		
	Mesquita <i>et al.</i> (2010)	4889		
Massai	Euclides (2003)	2980 - 5080	1080	1160
	Barros Moreno (2004)	2700		
	Andrade <i>et al.</i> (2004)	2860		
	Euclides <i>et al.</i> (2008)	2755		
	Volpe <i>et al.</i> (2008)	4203		
	Machado e Assis (2010)	969		
	Lopes <i>et al.</i> (2011)	2518		
Andropogon	Rosa e Borges (1987)	2513	480	560
	Carvalho, Freitas e Andrade (1995)	1340		
	Trindade e Rocha (2001)	2860		
	Daher <i>et al.</i> (2002)	2140 - 3069		
	Ribeiro Júnior <i>et al.</i> (2009)	1771		
	Vieira da Silva <i>et al.</i> (2010)	1674		
Buffel	Dantas Neto <i>et al.</i> (2000)	839 - 5003	400	440
	Arruda Santos <i>et al.</i> (2005)	2750		
	Moreira <i>et al.</i> (2007)	3118 - 5908		
	Edvan (2010)	840		
	Edvan <i>et al.</i> (2010)	1300		

Legenda: Produção de Matéria Seca Total Aérea - PMSTA

Fonte: do Autor (2012)

O destaque observado para o capim Mombaça é conhecido na literatura. Segundo Corsi e Santos (1995), a variedade Mombaça é classificada como a 6ª melhor entre 156 acessos quanto à produção de matéria seca foliar (t/ha).

Revisões feitas por Castagnara (2009) mostram que o nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais limitantes na produção de matéria seca e mais extraído do solo pelas plantas forrageiras, por ser componente crucial de compostos orgânicos essenciais à vida das plantas, como aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, hormônios e clorofila.

A autora lembra ainda que a redução dos teores de N no solo, ou com o N presente imobilizado pelos microrganismos, a produção das pastagens diminui. Como se observará no resultados da fertilidade do solo da camada de cobertura (Tabela 68), houve baixa concentração de nitrogênio nas amostras: 0,51 - 0,31 g/kg.

Como se observa na Tabela 65, o valor da PMSTA de todos os capins pesquisados esteve abaixo dos resultados obtidos na literatura, nas duas campanhas, exceto para o capim Massai, quando comparado aos resultados de Machado e Assis (2010).

Em revisão feita por Muller *et al.* (2012) observa-se que, em gramíneas forrageiras, a seleção para um maior rendimento de semente pode ser conseguida diminuindo a produtividade de matéria seca total, uma vez que estes são negativamente correlacionados.

Dito de outra forma, os baixos valores da PMSTA sugerem alto rendimento das sementes. Ainda segundo os autores, a associação entre caracteres agrônômicos produtivos da matéria seca e do rendimento de semente é critério de fundamental importância na seleção de genótipos.

4.10.5 Características Nutricionais

Quanto ao Teor de Matéria Seca (TMS), o capim Mombaça apresentou o maior valor (1ªC e 2ªC: 51,4%), seguido do capim Massai (1ªC: 46,6%, 2ªC: 48,3), do capim Andropogon (1ªC: 29,3%, 2ªC: 32,6), do capim Buffel (1ªC: 29,4%, 2ªC: 31,4) e da grama Bermuda (1ªC: 19,0%, 2ªC: 27,3), como mostra a Tabela 65.

Tabela 65 - Resultados do TMS das gramíneas estudadas

Nome	Massa Fresca (g)		Massa Seca (g)						Teor de Massa Seca (%)*	
			Após 3 horas		Após 6 horas		Após 9 horas			
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Mombaça	72	74	37	38	31	32	31	32	51,4%	51,4%
Massai	58	60	27	29	25	26	25	26	46,6%	48,3%
Andropogon	41	43	12	14	11	12	11	12	29,3%	32,6%
Buffel	34	35	10	11	9	10	9	10	29,4%	31,4%
Bermuda	21	22	4	6	4	5	4	5	19,0%	27,3%

Tara da bandeja (84g) e Temperatura da Estufa (65 °C)

* (Massa seca obtida após 3 horas/massa fresca) x 100 nas duas campanhas

C = Campanha. 1ª campanha (após 60 dias do plantio), 2ª campanha (após 240 dias do plantio).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, a massa (g) presente em cada amostra pouco reduziu da 1ª para a 2ª pesagem (3 horas → 6 horas) nas duas campanhas, indicando que o ensaio poderia ter sido encerrado (peso constante).

Os valores do TMS dos capins Mombaça e Massai estiveram abaixo dos resultados obtidos na literatura (Tabela 66) e isso significa baixo acúmulo de matéria pela gramínea. Já os valores do TMS dos capins Andropogon e Buffel e da grama Bermuda estiveram dentro do intervalo obtido por outros pesquisadores.

Tabela 66 - Resultados do TMS das gramíneas estudadas e valores encontrados na literatura

Nome	Autor(es)/Ano		TMS %	Valor encontrado	
				1ª campanha	2ª campanha
				após 60 dias do plantio	após 240 dias do plantio
Mombaça	Barros Moreno (2004)		70	51,4	
	Tinoco <i>et al.</i> (2009)		21,16 - 24,50		
Massai	Barros Moreno (2004)		80	46,6	47,6
	Andrade <i>et al.</i> (2004)		51		
	Volpe <i>et al.</i> (2008)		77,5		
Andropogon	Rosa e Borges (1987)		23,30 - 28,14	29,3	32,6
	Carvalho, Freitas e Andrade (1995)		34,8		
	Castro <i>et al.</i> (1999)		28,51		
	Daher <i>et al.</i> (2002)		10,3		
	Veras (2007)		22,6 - 29,3		
	Lacerda <i>et al.</i> (2009)		29,62		
	Ribeiro Júnior <i>et al.</i> (2009)		21,69		
Buffel	Dantas Neto <i>et al.</i> (2000)		27,56 - 44,03	29,4	31,4
	Moreira <i>et al.</i> (2007)		58,6 - 72,8		
	Edvan (2010)		18,33 - 20,29		
	Formiga <i>et al.</i> (2011)		31,3 - 73,9		
Gramma Bermuda	Athayde <i>et al.</i> (2005)		34 - 50	19,0	20,0
	Predebon (2009)		16,6 - 28,14		
	Soares Filho <i>et al.</i> (2002)		9 - 17,03		
	Roecker <i>et al.</i> (2011)		15,69		

Legenda: Teor de Matéria Seca - TMS. *Os autores estudaram o gênero *Cynodon dactylon* como um todo e não a grama bermuda isoladamente.

Fonte: do Autor (2012)

Por fim, resume-se que: o desenvolvimento das gramíneas (avaliado por meio da Taxa de Aparecimento de Folhas - TapF; Filocrono - Fil; Taxa de Alongamento das Folhas - TalF, Comprimento Médio das Folhas - CMF, Produção de Matéria Seca Total Aérea - PMSTA, Teor de Matéria Seca - TMS) esteve abaixo dos resultados da literatura, com algumas exceções, mas a presente constatação não inviabiliza o processo de revegetação do aterro, (re)aproximando-o visualmente da paisagem natural vizinha através de um processo de sucessão ecológica, que deve ocorrer com o passar do tempo.

Como discutido no Item 2.3 (Revegetação e Recuperação Paisagística de Aterros Sanitários), a cobertura vegetal do aterro sanitário soma várias vantagens ao empreendimento, embora as espécies apresentem dificuldades de adaptação, como ficou constatado. Desta forma, a regeneração da área deve receber ajuda humana, em detrimento da regeneração natural isoladamente.

Como destacou Magalhães (2005), é necessário conhecer as espécies vegetais que podem ser incluídas, visando adequá-las corretamente no local onde serão implantadas. Correlacionando esta informação com os resultados alcançados, pode-se inferir que as espécies estudadas possuem boa capacidade de adaptação aos solos do aterro, pois, mesmo sem subsídio externo (adubação, preparo do solo, germinação das sementes em casa de vegetação), houve desenvolvimento.

4.11 Fertilidade do Solo da Camada de Cobertura

O entendimento sobre os níveis de desenvolvimento dos cultivos estudados pode ser ampliado a partir dos resultados da análise da fertilidade²⁷ do solo da camada de cobertura, pela importância desse parâmetro nesse tipo de estudo (PRIMAVESI, 2002; RODRIGUES PEREIRA, 2006).

As duas amostras coletadas da camada de cobertura, de 500g cada aproximadamente, foram encaminhadas para o Laboratório de Solos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. A primeira amostra foi coletada no dia 11/06/2012 e a segunda amostra no dia 27/06/2012, ambas na profundidade de 0-20 cm. A Figura 69 exemplifica uma das amostras.

²⁷ A fertilidade é a característica que mais evidencia o valor agrônomo do solo, definindo sua capacidade de fornecer nutrientes as plantas em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de grandes produtividades (GOMES COSTA, 2008).

Figura 69 - Coleta das amostras do solo da cobertura para análise da fertilidade, 2012

Fonte: do Autor (2012)

Os parâmetros de solo avaliados em laboratório, com os respectivos resultados, estão listados na Tabela 67.

Tabela 67 - Resultados da análise de fertilidade do solo da camada de cobertura da CE

Variável	Unidade	Amostras	
		Nº1	Nº2
pH	-	7,0	7,3
Condutividade	dS/m	2,26	5,42
Ca ²⁺	cmol _c /kg	2,60	2,30
Mg ²⁺		2,20	3,30
Na ⁺		1,04	1,78
K ⁺		1,21	1,32
H ⁺ + Al ³⁺		0,33	0,00
Al ³⁺		0,00	0,00
C	g/kg	5,46	3,30
N		0,51	0,31
MO		9,41	6,69
C/N	-	11	11
P assimilável	mg/kg	23	26

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o pH do solo variou entre 7,0 (acidez neutra) e 7,3 (alcalinidade fraca), contribuindo para essa condição a concentração superior dos cátions cálcio (2,30 - 2,60 cmol_c/kg), magnésio (2,20 - 3,30 cmol_c/kg), potássio (1,22 - 1,32 cmol_c/kg) e sódio (1,04 - 1,78 cmol_c/kg) sobre a presença e atividade do íon hidrogênio (H⁺). Como afirma Brandão *et*

al. (2011), à medida que as bases trocáveis aumentam (Ca^{2+} , Na^+ etc.) o pH cresce e ocorre neutralização da acidez do solo.

Para Camargos (2005), o crescimento da maioria das plantas é drasticamente reduzido, tanto sob acidez quanto alcalinidade excessivas e, em qualquer uma das condições, normalmente, são várias as causas da baixa produção vegetal. Pelo fato do solo estudado ter apresentado uma condição de *alcalinidade fraca* não houve *super* nem *subdesenvolvimento* dos cultivos.

Como afirma Primavesi (2002), o pH é muito importante, não porque tenha efeito direto sobre a formação de húmus, mas por causa de seu efeito indireto sobre a concentração de elementos nutritivos à disposição do vegetal e à atividade da microvida [...] mas em solos alcalinos, como o desta pesquisa, as condições de microvida se tornam precárias.

A *leve* condição alcalina do solo manteve relação direta com a condutividade elétrica. Entende-se de Brandão *et al.* (2011) que *teores mais altos de nutrientes no solo [...] permitem o aumento da condutividade elétrica, pois a maior presença de íons em solução facilita a transferência de elétrons*. Por isso, a condutividade elétrica da segunda amostra (5,42 dS/m), onde a soma das concentrações de cálcio, magnésio, potássio e sódio atingiu 8,7 cmol_c/kg, foi maior que a condutividade da primeira amostra (2,26 dS/m), onde a soma atingiu 7,1 cmol_c/kg.

A condutividade pode ser um excelente parâmetro utilizado em agricultura de precisão para a estimativa indireta de propriedades químicas do solo que afetam a produtividade das culturas, auxiliando desta forma o manejo da fertilidade do solo, elevando o rendimento das culturas e diminuindo os custos de produção, visto que fertilizantes e corretivos podem ser aplicados em quantidades diferenciadas em função da variabilidade das propriedades químicas do solo (BRANDÃO *et al.* 2011, p.166).

Conforme Brandão *et al.* (2011), a acidez dos solos aumenta a solubilidade de cátions tóxicos (H^+ , Al^{3+}). Dito de outra forma, o solo estudado, que apresentou *alcalinidade fraca* (e não acidez) diminuiu a presença dos referidos cátions, já que os resultados para H^+ + Al^{3+} variaram entre 0,0 - 0,33 cmol_c/kg e não foi constatada presença do alumínio livre, nem saturação por alumínio (m%). Na falta de cátions (Ca^{2+} , Na^+ etc.) os pontos com cargas negativas dos colóides seriam progressivamente ocupados pelos íons H^+ e isso daria origem ao alumínio trocável (Al^{+3}).

A concentração dos cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) manteve, também, relação com a presença da argila nos solos estudados, já que, entre as frações do solo, a argila tem grande capacidade de atrair cargas positivas. Bueno (2012) explica:

Os colóides (argila ou húmus) apresentam, em geral, um balanço de cargas negativas (-) desenvolvido durante o processo de formação. Isto significa que eles podem atrair e reter íons com cargas positivas (+), da mesma forma que pólos diferentes de um ímã são atraídos, ao passo que repelem outros íons de carga negativa, como pólos iguais de um ímã se repelem (BUENO, 2012, p.7).

Considerando a literatura (IAC²⁸, 1997; Gomes Costa, 2008; Sousa e Lobato, 2003; Bueno, 2012), o percentual de argila encontrado (23 - 29%) sugere *média* disponibilidade de fósforo (valor obtido: 23 - 26 mg/kg). Tal concentração aproxima-se do teor crítico²⁹ de fósforo relatado nas pesquisas: 18 - 31 mg/kg (SCHLINDWEIN e GIANELLO, 2008) e, isso justificou, em parte, o *médio* crescimento observado nos cultivos, sem esquecer que os teores críticos de P no solo variam de espécie para espécie e de solo para solo.

O solo estudado teve *baixa* concentração de cálcio (2,30 - 2,60 cmol_c/kg), magnésio (2,20 - 3,30 cmol_c/kg), potássio (1,22 - 1,32 cmol_c/kg) e sódio (1,04 - 1,78 cmol_c/kg), diante das tabelas de interpretação de análise de solo (IAC, 1997; LOPES e GUILHERME, 2007; GOMES COSTA, 2008; RONQUIM, 2010; BRANDÃO *et al.*, 2011). Conforme Ronquim (2010), o conteúdo médio desses elementos minerais no solo é de 15 g/kg (cálcio), 5 g/kg (magnésio), 14 g/kg (potássio) e 5 g/kg (sódio).

A falta de cálcio pode provocar baixo crescimento da raiz (rever a Figura 68) e da atividade microbiana, reduzir a resistência da planta à toxicidade, além de estresse hídrico e nutricional. A falta de magnésio provoca um amarelecimento das folhas mais velhas (rever a Figura 67). A carência de potássio prejudica o metabolismo, a fotossíntese e o uso eficiente da água pela planta.

²⁸ IAC - Instituto Agronômico de Campinas.

²⁹ Teor crítico é definido como o teor mínimo, recuperado por um extrator químico, suficiente para obtenção do crescimento máximo ou 90% desse crescimento (MESQUITA *et al.* 2004).

O teor de matéria orgânica, conforme pesquisa feita no endereço eletrônico³⁰ do IAC, é útil para dar idéia da textura do solo e, até 15 g/kg, indicam solos arenosos. Com tal enquadramento e com os valores obtidos (6,69 - 9,41 g/kg) tem-se um solo arenoso, concordando com o Item 4.7 (Caracterização do Solo da Camada de Cobertura da CE), onde foi encontrada *areia fina silto-argilosa*.

Conforme Ronquim (2010), a matéria orgânica aumenta o poder tampão do solo e diminui os perigos de desequilíbrios minerais causados por uma adubação arbitrária. Considerando os resultados do solo estudado, infere-se um *baixo* poder tampão, ou seja, baixa capacidade do solo resistir a mudanças bruscas de pH.

A concentração de carbono no solo mantém relação com o teor de matéria orgânica. Conforme Sordi *et al.* (2009), a estabilidade da matéria orgânica do solo garante o aumento quantitativo do carbono na litosfera, diminuindo a quantidade do dióxido de carbono na atmosfera e elevando os níveis de fertilidade do solo.

Os resultados da concentração do carbono nas amostras (5,46 - 3,30 g/kg) estão abaixo dos obtidos por Sordi *et al.* (2009) em área com pastagens perenes naturalizadas (47,98 g/kg), em área de pastagem cultivada (35,06 g/kg) e em área de mata nativa (43,44 g/kg); e por autores revisados por Veras (2007): 7,11 - 13,36 g/kg. Portanto, trabalhou-se com um solo carente em carbono.

Entende-se dos autores supracitados que, o limite de acúmulo de carbono é dependente da quantidade e qualidade (relação carbono/nitrogênio) de resíduos produzidos e da ação microbiana, mas esta ação esteve prejudicada pela condição *alcalina* do solo, como comentado anteriormente. Além disso, baixa atividade microbiana reduz a assimilação de nitrogênio gasoso da atmosfera para convertê-lo em uma forma que poderia ser utilizada por plantas.

Conforme Lopes e Guilherme (2007), a matéria orgânica do solo pode ser considerada o indicador mais simples e entre os mais importantes para se medir a qualidade do solo e, conseqüentemente, dos agroecossistemas. Alguns efeitos benéficos que ela

³⁰ <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>.

proporciona são: provê uma fonte de carbono e energia para os microrganismos do solo (nesta pesquisa pode-se considerar que houve baixo provimento, pelos resultados obtidos: 9,41 - 6,69 g/kg); armazena e provê nutrientes como nitrogênio e fósforo (*idem*), retém nutrientes como cálcio, magnésio e potássio (*idem*).

A relação carbono/nitrogênio nas duas amostras coletadas foi igual a 11, ou seja, dentro do intervalo da literatura e significando certa decomposição da matéria orgânica do solo. Matias *et al.* (2009) determinaram relações de carbono/nitrogênio em três profundidades com valores superiores ao desta pesquisa: 0 - 5 cm (relação C/N: 16,6 - 19,9), 5 - 10 cm (relação: 13,6 - 16,0), 10 - 20 cm (relação: 14,3 - 16,0). Já os autores revisados por Everaldo dos Santos (2007) indicam várias relações C/N: desde 8:1 até 14:1. O nitrogênio, avaliado isoladamente, apresentou baixa concentração.

A concentração de matéria orgânica medida (9,41 - 6,69 g/kg) esteve abaixo dos resultados de vários autores revisados por Veras (2007), onde o intervalo foi de 18 a 26 g/kg. Isso significa que os solos estudados apresentaram, também, baixa Capacidade de Troca de Cátions - CTC³¹ (7,4 - 8,7 cmol_c/kg), já que esses dois parâmetros são diretamente proporcionais, na maior parte dos casos. Matias *et al.* (2009) determinaram CTC em três profundidades e obtiveram resultados superiores a deste trabalho: 0 - 5 cm (CTC: 14,9 - 18,0 cmol_c/kg), 5 - 10 cm (CTC: 12,8 - 16,3 cmol_c/kg), 10 - 20 cm (CTC: 11,2 - 15,2 cmol_c/kg).

Considerando a CTC do solo e as orientações de Lopes e Guidolin (1987) e Ronquim (2010), entende-se que o solo estudado tem (I) alta percentagem de areias (18 - 24% de areia fina, 11 - 18% de areia média, 4 - 5% de areia grossa), (II) tem baixo teor de matéria orgânica (9,41 - 6,69 g/kg), (III) tem maior lixiviação de nitrogênio e potássio, (IV) tem menor capacidade de retenção de umidade, (V) tem baixa capacidade de liberação de vários nutrientes que favorecem a manutenção da fertilidade por um prolongado período.

Outro parâmetro importante no estudo da fertilidade do solo é a Saturação por Bases (V%). Ela considera a Soma de Bases (cálcio + magnésio + potássio + sódio) dividida pela CTC multiplicada por 100. Para as amostras coletadas, os resultados da Soma de Bases

³¹ CTC é entendida como a soma da concentração de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺.

foram 7,1 e 8,7 cmol_c/kg e da CTC: 7,4 - 8,7 cmol_c/kg. Assim, a Saturação por Bases (V%) estaria variando entre 96% e 100%.

Conforme Ronquim (2010), a saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$ e solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$. Diante desse enquadramento, o solo estudado seria eutrófico, com alta saturação de base.

Para o autor supracitado, a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5. O resultado obtido sugere que tal produtividade não deve ter ocorrido, em função da extrema compactação da camada de cobertura e de questões relacionadas à textura e drenagem do solo. Como o solo da camada de cobertura teve de *baixa a muito baixa* permeabilidade, há um aumento no tempo gasto para a água infiltrar e isso induz o processo de degradação da fertilidade do solo, já que ocorre aumento da concentração dos sais na superfície após a evaporação da água.

4.12 Emissões de Gases através dos Cultivos na Camada de Cobertura

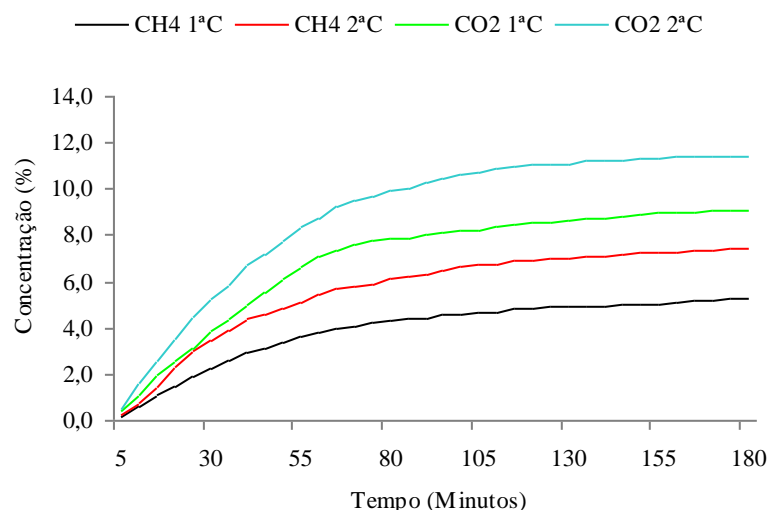
Os dados alcançados durante as leituras das emissões pelo solo cultivado com os capins Mombaça, Massai, Buffel, Andropogon e grama Bermuda, nas duas campanhas (1ª C: de 20 a 24 de fevereiro de 2012; 2ª C: de 27 a 31 de agosto de 2012) permitiram observar que houve crescimento na concentração (%) do CH₄ e CO₂ no interior da placa ao longo dos 180 minutos de monitoramento, mas abaixo - como era esperado - do encontrado no monitoramento da área considerada como “branco” (Dados das medições nos cultivos estão nos Apêndices L1 - L10).

As Figuras 70 a 74 mostram o comportamento das concentrações do CH₄ e CO₂ emitidas para cada solo cultivado.

4.12.1 Capim Mombaça

Para o solo cultivado com capim **Mombaça**, tem-se as concentrações representadas na Figura 70.

Figura 70 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa (capim Mombaça, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Mombaça foram compostos, na primeira campanha, em média, por 7,0% de CO₂, 3,9% de CH₄, 5,5% de O₂ e 83,6% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 8,9% de CO₂, 5,6% de CH₄, 4,3% de O₂ e 78,7% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 68.

Tabela 68 - Concentrações dos gases (camada com capim Mombaça, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	4,8	7,2	9,7	11,9	5,7	5,3	82,4	76,7
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,5	4,1	2,9	80,5	72,9
Máximo	5,4	7,6	9,8	11,9	7,2	6,1	92,4	93,9
Desvio padrão	1,4	2,0	2,6	3,1	0,9	0,8	3,3	5,6
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 68, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 4,8 (1ªC) e 7,2% (2ªC), para o CO₂ foi 9,7 e 11,9% e para O₂ foi 5,7 e 5,3%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1ªC) e 0,3% (2ªC) e a maior 5,4 (1ªC) e 7,6% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,5%; maiores valores: 9,8 e 11,9%). Para o O₂ (menores valores: 4,1 e 2,9%; maiores valores: 7,2 e 6,1%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio.

A camada de cobertura cultivada com capim Mombaça reteve os dois gases de interesse nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 69. Isso significa que, mesmo com o passar do tempo, o cultivo continuou exercendo influência positiva na redução da emissão de gases pela camada.

Tabela 69 - Retenção dos gases (camada com capim Mombaça, duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	2,6	3,8	4,6	6,0
Mínimo	0,2	0,2	0,3	0,4
Máximo	3,6	5,0	6,6	8,0

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Os fluxos no solo cultivado com capim Mombaça estão consolidados na Tabela 70. Dela se observa que o fluxo mássico na segunda campanha foi 0,2 - 0,5 vezes maior que na primeira campanha. O fluxo volumétrico teve o mesmo comportamento (0,3 - 0,4 vezes maior na segunda). Isso sugere que o aumento do fluxo foi proporcional ao aumento da concentração dos gases decorrente da idade mais avançada dos RSU, já que há uma relação direta entre concentração (ΔC) e fluxo (J), como mostrou a equação 1 (página 75).

Tabela 70 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Mombaça, duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	Mássico	g/m ² .s	1,5 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	7,3 x 10 ⁻³	9,1 x 10 ⁻³
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			5,2 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	2,9 x 10 ⁻²	3,3 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas						
<i>Aumento da Média</i>			0,5 X		0,2 X	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,3 x 10 ⁻⁶	4,7 x 10 ⁻⁶	5,7 x 10 ⁻⁶	7,2 x 10 ⁻⁶
Máximo			1,3 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	2,7 x 10 ⁻⁵	3,2 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas						
<i>Aumento da Média</i>			0,4 X		0,3 X	

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Realizando uma comparação entre os fluxos de CH₄ e CO₂ medidos na camada cultivada com capim Mombaça em relação aos fluxos medidos na camada de cobertura convencional (branco), observaram-se várias reduções, que chegam, por exemplo, a 62% em massa de CH₄ na segunda campanha, como mostra a Tabela 71.

Tabela 71 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Mombaça versus Branco)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
			Diferenças (%)			
Média	mássico	g/m ² .s	40	39		
Máximo			60	62	58	62
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	18		19	18
Máximo			35	39	33	36

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Mombaça conseguiu reduzir as emissões dos dois gases de forma muito parecida nas duas campanhas, em termos mássicos e volumétricos. Admitindo-se que as condições atuais se repetiriam por um ano, a ordem de grandeza estimada dessas reduções (emissão do ‘branco’ - emissão do solo cultivado) seria a representada na Tabela 72.

Tabela 72 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Mombaça) por ano

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	kg/m ² .ano	32	44	148	184
Máximo			246	567	1262	1681
Média	volumétrico	m ³ /m ² .ano	23	32	42	50
Máximo			221	566	416	568

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Mombaça tem a capacidade de reduzir a emissão, em média, de 32 kg/m².ano de CH₄ (considerando os dados da primeira campanha como referência) e 44 kg/m².ano (2^a C³²).

Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 148 kg/m².ano (1^a C) e 184 kg/m².ano (2^a C).

³² C = Campanha.

Em termos volumétricos, a capacidade de redução seria de, em média, 23 m³/m².ano de CH₄ (1^a C) e 32 m³/m².ano (2^a C). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 42 m³/m².ano (1^a C) e 50 m³/m².ano (2^a C).

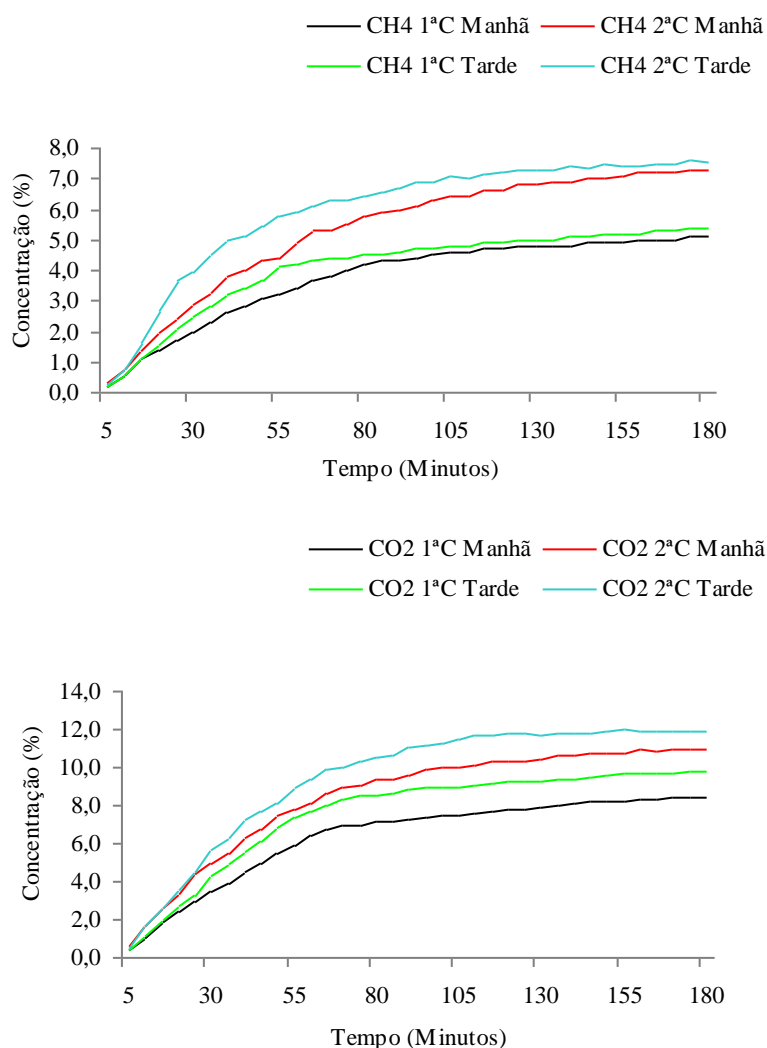
Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 71.

Sobre o fato da emissão ter sido maior no turno da tarde, servem as mesmas considerações feitas sobre esse tema no final do Item 4.9 (Emissões de Gases na Camada de Cobertura).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Mombaça foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 6,4% de CO₂, 3,8% de CH₄, 5,3% de O₂ e 84,5% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 *vezes* e CH₄: 0,4 *vezes*) e redução nos demais (O₂: 0,2 *vezes* e OG: 0,1 *vezes*): 8,4% de CO₂, 5,3% de CH₄, 4,2% de O₂ e 79,8% de outros gases.

Figura 71 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa por turno (capim Mombaça, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Mombaça foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 7,6% de CO₂, 4,1% de CH₄, 5,6% de O₂ e 82,7% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 1 vez) e redução nos demais (O₂: 0,7 vezes): 9,4% de CO₂, 5,9% de CH₄, 4,5% de O₂ e 77,5% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 73.

Tabela 73 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Mombaça, duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	4,8	7,2	8,2	10,9	4,8	5,3	82,4	76,7
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,6	4,1	2,9	82,4	75,3
Máximo	5,1	7,3	8,4	10,9	7,0	5,9	92,4	93,9
Desvio padrão	1,4	2,0	2,3	2,9	0,8	0,8	2,9	5,3
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	5,0	7,3	9,7	11,9	6,9	4,7	80,8	73,3
Mínimo	0,2	0,3	0,4	0,5	4,2	3,2	80,5	3,3
Máximo	5,4	7,6	9,8	11,9	7,2	6,1	92,2	93,8
Desvio padrão	1,4	2,0	2,7	3,3	0,9	0,8	3,4	13,7
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	1 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,7 X		-	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 73, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 4,8 (1ªC) e 7,2% (2ªC), para o CO₂ foi 8,2 e 10,9% e para O₂ foi 4,8 e 5,3%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1ªC) e 0,3% (2ªC) e a maior 5,1 (1ªC) e 7,3% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,6%; maiores valores: 8,4 e 10,9%). Para o O₂ (menores valores: 4,1 e 2,9%; maiores valores: 7,0 e 5,9%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 5,0 (1ªC) e 7,3% (2ªC), para o CO₂ foi 9,7 e 11,9% e para O₂ foi 6,9 e 4,7%. Observou-se ainda que a

menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1^aC) e 0,3% (2^aC) e a maior 5,4 (1^aC) e 7,6% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,4 e 0,5%; maiores valores: 9,8 e 11,9%). Para o O₂ (menores valores: 4,2 e 3,2%; maiores valores: 7,2 e 6,1%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura cultivada com capim Mombaça, proporcionalmente, aumentaram, como se observa na Tabela 74.

Tabela 74 - Fluxos mássico e volumétrico (camada com capim Mombaça, duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	1,5 x 10 ⁻³	2,1 x 10 ⁻³	6,7 x 10 ⁻³	8,7 x 10 ⁻³	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			5,2 x 10 ⁻³	6,3 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻²	3,2 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	2,4 x 10 ⁻⁶	3,4 x 10 ⁻⁶	3,9 x 10 ⁻⁶	5,0 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			8,3 x 10 ⁻⁶	1,0 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵	1,8 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	1,6 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻³	7,8 x 10 ⁻³	9,6 x 10 ⁻³
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		5,2 x 10 ⁻³			1,1 x 10 ⁻²	2,9 x 10 ⁻²	3,3 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	2,5 x 10 ⁻⁶	3,6 x 10 ⁻⁶	4,5 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	
Máximo				8,3 x 10 ⁻⁶	1,8 x 10 ⁻⁵	1,7 x 10 ⁻⁵	1,9 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			

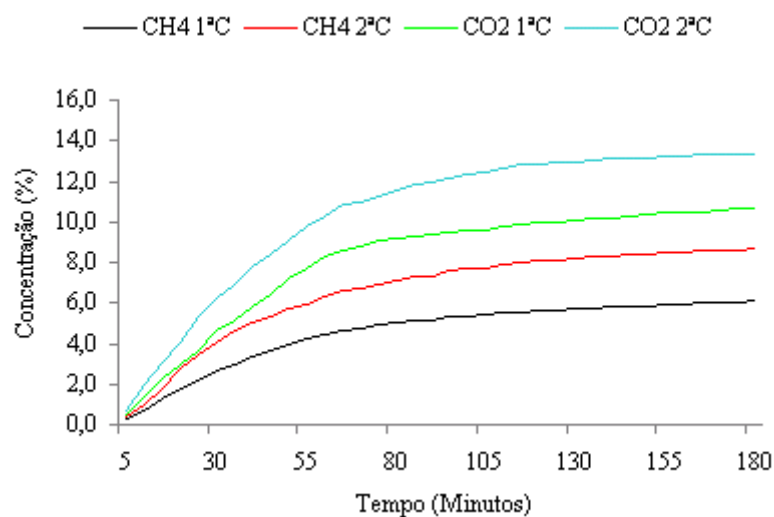
C = Campanha. Os resultados que permitiram essas estimativas: Apêndice M1e M2. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.12.2 Capim Massai

Para o solo cultivado com capim **Massai**, tem-se as concentrações representadas na Figura 72.

Figura 72 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa (capim Massai, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos foram compostos, na primeira campanha, em média, por 8,1% de CO₂, 4,6% de CH₄, 6,4% de O₂ e 80,9% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂ e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes): 10,4% de CO₂, 6,6% de CH₄, 5,1% de O₂ e 84,9% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 75.

Tabela 75 - Concentrações dos gases (camada com capim Massai, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	5,7	8,7	9,6	12,7	6,6	6,0	79,8	70,4
Mínimo	0,3	0,4	0,5	0,6	4,8	3,4	77,3	70,0
Máximo	6,3	8,8	11,5	14,0	8,4	7,1	91,1	92,5
Desvio padrão	1,6	2,3	3,0	3,6	1,0	1,0	3,8	6,1
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,4 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 75, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 5,7 (1ªC) e 8,7% (2ªC), para o CO₂ foi 9,6 e 12,7% e para O₂ foi 6,6 e 6,0%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1ªC) e 0,4% (2ªC) e a maior 6,3 (1ªC) e 8,8% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,5 e 0,6%; maiores valores: 11,5 e 14,0%). Para o O₂ (menores valores: 4,8 e 3,4%; maiores valores: 8,4 e 7,1%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio.

Observou-se retenção dos dois gases de interesse pela camada de cobertura cultivada com capim Massai nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 76.

Tabela 76 - Retenção dos gases (camada com capim Massai, duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	2,0	2,8	3,5	4,5
Mínimo	0,1	0,1	0,2	0,2
Máximo	2,7	3,8	4,9	6,0

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Os fluxos no solo cultivado com capim Massai estão consolidados na Tabela 77. Dela se observa que o fluxo mássico na segunda campanha foi 0,3 - 0,4 vezes maior que na primeira campanha. O fluxo volumétrico teve o mesmo comportamento (0,3 - 0,5 vezes maior na segunda).

Tabela 77 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Massai, duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	Mássico	g/m ² .s	1,8 x 10 ⁻³	2,5 x 10 ⁻³	8,5 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			6,3 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻²	3,4 x 10 ⁻²	3,9 x 10 ⁻²

Comportamento entre as Campanhas

<i>Aumento da Média</i>			0,4 X		0,3 X	
Média	Volumétrico	m ³ /m ² .s	2,8 x 10 ⁻⁶	4,1 x 10 ⁻⁶	4,9 x 10 ⁻⁶	6,2 x 10 ⁻⁶
Máximo			1,0 x 10 ⁻⁵	2,2 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁵	2,3 x 10 ⁻⁵

Comportamento entre as Campanhas

<i>Aumento da Média</i>			0,5 X		0,3 X	
-------------------------	--	--	-------	--	-------	--

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Realizando uma comparação entre os fluxos de CH₄ e CO₂ medidos na camada cultivada com capim Massai em relação aos fluxos medidos na camada de cobertura convencional (branco), observaram-se várias reduções, que chegam, por exemplo, a 55% em massa de CO₂ na segunda campanha, como mostra a Tabela 78.

Tabela 78 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Massai versus Branco)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
			Diferenças (%)			
Média	mássico	g/m ² .s	28	31	29	27
Máximo			52	51	55	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	30	28	30	
Máximo			50	52	50	54

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Massai conseguiu reduzir as emissões dos dois gases de forma muito parecida nas duas campanhas em termos mássicos e volumétricos. Em comparação com o capim Mombaça, o Massai reduziu menos emissões. Admitindo-se que as condições atuais se repetiriam por um ano, a ordem de grandeza estimada dessas reduções (emissão do 'branco' - emissão do solo cultivado) seria a representada na Tabela 79.

Tabela 79 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Massai) por ano

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	kg/m ² .ano	22	35	110	128
Máximo			213	476	1110	1492
Média	volumétrico	m ³ /m ² .ano	38	50	66	83
Máximo			315	754	631	851

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Massai tem a capacidade de reduzir a emissão, em média, de 22 kg/m².ano de CH₄ (considerando os dados da primeira campanha como referência) e 35 kg/m².ano (2^a C³³). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 110 kg/m².ano (1^a C) e 128 kg/m².ano (2^a C).

Em termos volumétricos, a capacidade de redução seria de, em média, 38 m³/m².ano de CH₄ (1^a C) e 50 m³/m².ano (2^a C). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 66 m³/m².ano (1^a C) e 83 m³/m².ano (2^a C).

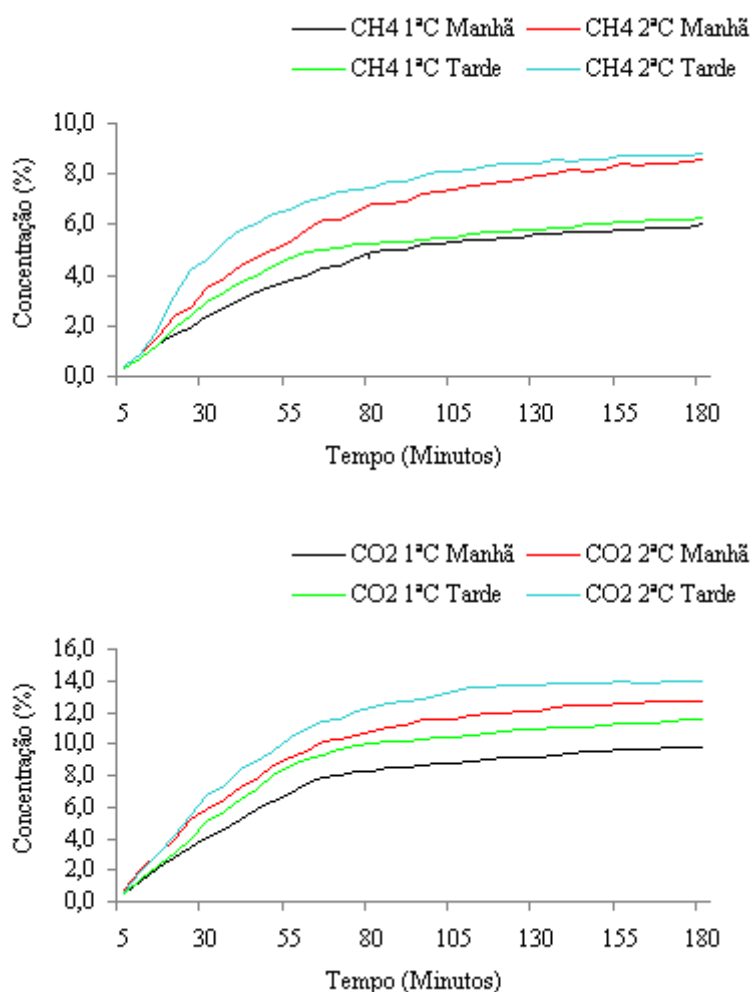
³³ C = Campanha.

Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 73.

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Massai foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 7,4% de CO₂, 4,4% de CH₄, 6,2% de O₂ e 82,0% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 9,8% de CO₂, 6,2% de CH₄, 4,8% de O₂ e 77,4% de outros gases.

Figura 73 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa por turno (capim Massai, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Massai foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 8,8% de CO₂, 4,8% de CH₄, 6,6% de O₂ e 79,9% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 11,0% de CO₂, 6,9% de CH₄, 5,3% de O₂ e 75,1% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 80.

Tabela 80 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Massai, duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	5,7	6,2	9,8	12,7	6,6	5,7	79,8	73,9
Mínimo	0,3	0,4	0,5	0,8	4,8	3,4	79,4	72,6
Máximo	6,0	8,6	9,8	12,7	8,2	6,9	91,1	92,5
Desvio padrão	1,6	2,3	2,7	3,4	1,0	1,0	3,4	5,7
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	6,2	8,7	11,3	14,0	7,5	5,5	77,6	70,4
Mínimo	0,3	0,4	0,5	0,6	4,9	3,8	77,3	70,0
Máximo	6,3	8,8	11,5	14,0	8,4	7,1	90,8	92,4
Desvio padrão	1,6	2,3	3,2	3,8	1,0	0,9	3,9	6,3
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 80, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 5,7 (1ªC) e 6,2% (2ªC), para o CO₂ foi 9,8 e 12,7% e para O₂ foi 6,6 e 5,7%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,4% (2^aC) e a maior 6,0 (1^aC) e 8,6% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,5 e 0,8%; maiores valores: 9,8 e 12,7%). Para o O₂ (menores valores: 4,8 e 3,4%; maiores valores: 8,2 e 6,9%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 6,2 (1^aC) e 8,7% (2^aC), para o CO₂ foi 11,3 e 14,0% e para O₂ foi 7,5 e 5,5%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,4% (2^aC) e a maior 6,3 (1^aC) e 8,8% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,5 e 0,6%; maiores valores: 11,5 e 14,0%). Para o O₂ (menores valores: 4,9 e 3,8%; maiores valores: 8,4 e 7,1%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura cultivada com capim Massai, proporcionalmente, aumentaram, como se observa na Tabela 81.

Tabela 81 - Fluxos mássico e volumétrico (camada com capim Massai, duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	1,7 x 10 ⁻³	2,5 x 10 ⁻³	7,8 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			6,3 x 10 ⁻³	8,4 x 10 ⁻³	2,6 x 10 ⁻²	3,5 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	2,8 x 10 ⁻⁶	4,0 x 10 ⁻⁶	4,5 x 10 ⁻⁶	5,9 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,0 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵	1,5 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	1,8 x 10 ⁻³	2,6 x 10 ⁻³	9,2 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		6,3 x 10 ⁻³			1,4 x 10 ⁻²	3,4 x 10 ⁻²	3,9 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	2,9 x 10 ⁻⁶	4,1 x 10 ⁻⁶	5,3 x 10 ⁻⁶	6,5 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,0 x 10 ⁻⁵	2,2 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁵	2,3 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			

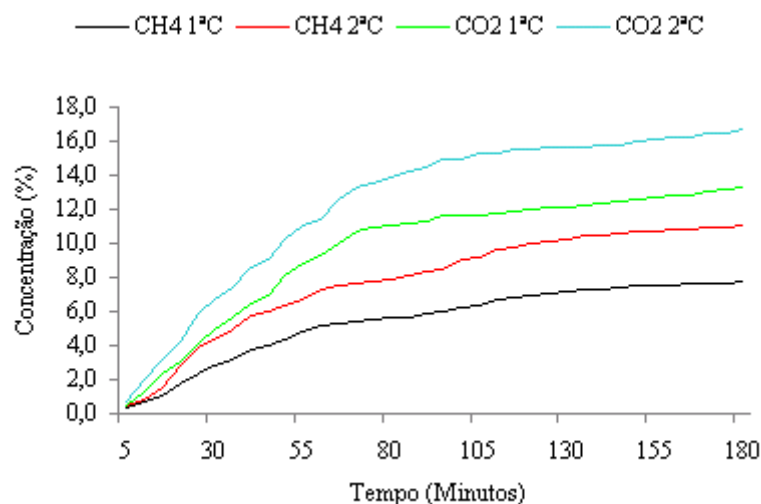
C = Campanha. Os resultados que permitiram essas estimativas: Apêndice M3 e M4. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.12.3 Capim Andropogon

Para o solo cultivado com capim **Andropogon**, tem-se as concentrações representadas na Figura 74.

Figura 74 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa (capim Andropogon, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Andropogon foram compostos, na primeira campanha, em média, por 9,7% de CO₂, 5,5% de CH₄, 8,2% de O₂ e 76,7% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,4 vezes e CH₄: 0,3 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes): 12,4% de CO₂, 7,8% de CH₄, 6,5% de O₂ e 73,3% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 82.

Tabela 82 - Concentrações dos gases (camada com capim Andropogon, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,5	10,5	4,0	13,3	10,3	7,3	71,2	72,0
Mínimo	0,3	0,4	0,3	0,5	6,1	4,4	71,1	65,5
Máximo	8,0	11,2	14,6	17,8	10,6	8,9	89,0	90,4
Desvio padrão	2,3	3,3	4,0	4,9	1,3	1,3	5,3	7,2
Comparação entre as Campanhas								
Aumento da média	0,3 X		0,4 X		-		-	
Redução da média	-		-		0,2 X		-	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 82, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 7,5 (1^aC) e 10,5% (2^aC), para o CO₂ foi 4,0 e 13,3% e para O₂ foi 10,3 e 7,3%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,4% (2^aC) e a maior 8,0 (1^aC) e 11,2% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,3 e 0,5%; maiores valores: 14,6 e 17,8%). Para o O₂ (menores valores: 6,1 e 4,4%; maiores valores: 10,6 e 8,9%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio.

A camada de cobertura cultivada com capim *Andropogon* reteve os dois gases de interesse nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 83.

Tabela 83 - Retenção dos gases (camada com capim *Andropogon*, duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	1,1	1,5	1,9	2,5
Mínimo	0,1	0,1	0,0	0,1
Máximo	2,4	3,4	3,7	4,6

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Já os dados dos fluxos estão consolidados na Tabela 84. Dela se observa que o fluxo mássico na segunda campanha foi 0,3 - 0,4 vezes maior que na primeira campanha. O fluxo volumétrico teve o mesmo comportamento (0,3 - 0,5 vezes maior na segunda).

Tabela 84 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Andropogon, duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Média	mássico	g/m ² .s	2,3 x 10 ⁻³	3,2 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			8,3 x 10 ⁻³	1,6 x 10 ⁻²	4,3 x 10 ⁻²	5,7 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,4 X		0,3 X	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,6 x 10 ⁻⁶	5,2 x 10 ⁻⁶	6,2 x 10 ⁻⁶	7,9 x 10 ⁻⁶
Máximo			1,3 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	3,3 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,4 X		0,3 X	

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Realizando uma comparação entre os fluxos de CH₄ e CO₂ medidos na camada cultivada com capim Andropogon em relação aos fluxos medidos na camada de cobertura convencional (branco), observaram-se várias reduções, que chegam, por exemplo, a 46% em massa de CH₄ na segunda campanha, como mostra a Tabela 85.

Tabela 85 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (Andropogon versus Branco)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Diferenças (%)						
Média	mássico	g/m ² .s	8	11	8	7
Máximo			36	45	38	34
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	10	9	11	10
Máximo			35	46	38	34

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Andropogon conseguiu reduzir as emissões dos dois gases de forma muito parecida nas duas campanhas em termos mássicos e volumétricos. Em comparação com os capins Mombaça e Massai, o Andropogon reduziu menos emissões. Admitindo-se que as condições atuais se repetiriam por um ano, a ordem de grandeza estimada dessas reduções (emissão do 'branco' - emissão do solo cultivado) seria a representada na Tabela 86.

Tabela 86 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Andropogon) por ano

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	kg/m ² .ano	6	12	30	33
Máximo			148	412	827	922
Média	volumétrico	m ³ /m ² .ano	13	16	24	28
Máximo			221	667	479	536

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Andropogon tem a capacidade de reduzir a emissão, em média, de 6 kg/m².ano de CH₄ (considerando os dados da primeira campanha como referência) e 12 kg/m².ano (2^a C³⁴). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 30 kg/m².ano (1^a C) e 33 kg/m².ano (2^a C).

Em termos volumétricos, a capacidade de redução seria de, em média, 13 m³/m².ano de CH₄ (1^a C) e 16 m³/m².ano (2^a C). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 24 m³/m².ano (1^a C) e 28 m³/m².ano (2^a C).

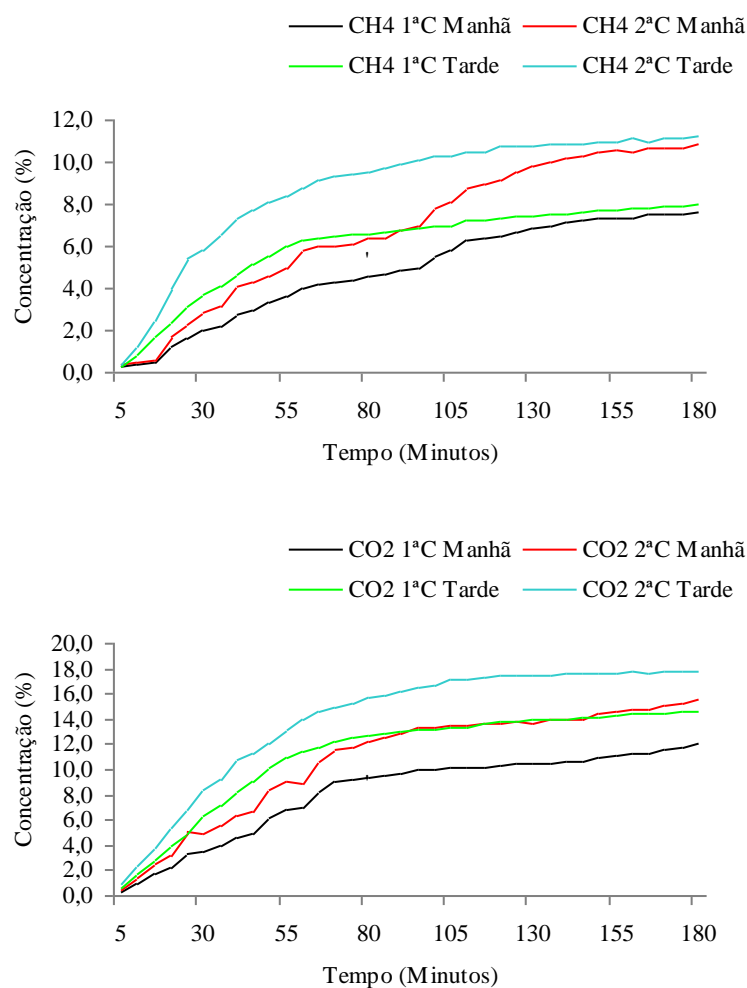
Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 75.

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Andropogon foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 8,2% de CO₂, 4,8% de CH₄, 7,9% de O₂ e 79,1% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes): 10,8% de CO₂, 6,9% de CH₄, 6,2% de O₂ e 76,2% de outros gases.

³⁴ C = Campanha.

Figura 75 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa por turno (Andropogon, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim *Andropogon* foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 11,2% de CO₂, 6,1% de CH₄, 8,4% de O₂ e 74,3% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 14,0% de CO₂, 8,8% de CH₄, 6,7% de O₂ e 70,4% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 87.

Tabela 87 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Andropogon, duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,3	10,7	10,0	13,3	8,2	4,4	74,7	72,0
Mínimo	0,3	0,4	0,3	0,5	6,1	4,4	74,3	69,1
Máximo	7,6	10,9	12,0	15,6	10,4	8,7	89,0	90,4
Desvio padrão	2,3	3,3	3,4	4,4	1,2	1,2	4,5	6,5
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	6,6	10,8	13,2	17,8	10,3	7,0	71,2	66,1
Mínimo	0,3	0,4	0,7	0,9	6,2	4,8	71,1	65,5
Máximo	8,0	11,2	14,6	17,8	10,6	8,9	88,4	89,8
Desvio padrão	2,1	2,9	4,0	4,9	1,4	1,2	5,0	6,8
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 87, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 7,3 (1ªC) e 10,7% (2ªC), para o CO₂ foi 10,0 e 13,3% e para O₂ foi 8,2 e 4,4%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1ªC) e 0,4% (2ªC) e a maior 7,6 (1ªC) e 10,9% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,3 e 0,5%; maiores valores: 12,0 e 15,6%). Para o O₂ (menores valores: 6,1 e 4,4%; maiores valores: 10,4 e 8,7%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 6,6 (1ªC) e 10,8% (2ªC), para o CO₂ foi 13,2 e 17,8% e para O₂ foi 10,3 e 7,0%. Observou-se ainda que a

menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,4% (2^aC) e a maior 8,0 (1^aC) e 11,2% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,7 e 0,9%; maiores valores: 14,6 e 17,8%). Para o O₂ (menores valores: 6,2 e 4,8%; maiores valores: 10,6 e 8,9%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura cultivada com capim *Andropogon*, proporcionalmente, aumentaram, como se observa na Tabela 88.

Tabela 88 - Fluxos mássico e volumétrico (camada com capim *Andropogon*, duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,2 x 10 ⁻³	3,2 x 10 ⁻³	9,6 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			7,3 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	3,4 x 10 ⁻²	5,7 x 10 ⁻²	
	Comparação entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,4 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,5 x 10 ⁻⁶	5,1 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	7,4 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,2 x 10 ⁻⁵	1,8 x 10 ⁻⁵	2,0 x 10 ⁻⁵	3,3 x 10 ⁻⁵	
	Comparação entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,3 x 10 ⁻³	3,3 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		8,3 x 10 ⁻³			1,6 x 10 ⁻²	4,3 x 10 ⁻²	4,8 x 10 ⁻²	
Comparação entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	3,7 x 10 ⁻⁶	5,2 x 10 ⁻⁶	6,8 x 10 ⁻⁶	8,3 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,3 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	
Comparação entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,2 X			

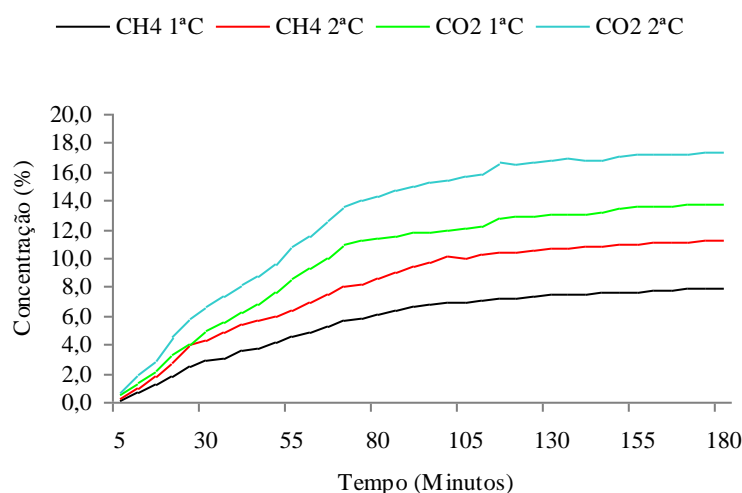
C = Campanha. Os resultados que permitiram essas estimativas: Apêndice M5 e M6. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.12.4 Grama Bermuda

Para o solo cultivado com a grama **Bermuda**, tem-se as concentrações representadas na Figura 76.

Figura 76 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa (grama Bermuda, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com a grama Bermuda foram compostos, na primeira campanha, em média, por 10,1% de CO₂, 5,7% de CH₄, 8,3% de O₂ e 76,0% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes): 12,9% de CO₂, 8,1% de CH₄, 6,6% de O₂ e 72,4% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 89.

Tabela 89 - Concentrações dos gases (camada com grama Bermuda, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,6	10,9	11,9	16,4	9,3	7,9	70,6	89,5
Mínimo	0,1	0,1	0,3	0,5	6,2	4,4	70,5	64,8
Máximo	8,2	11,5	14,9	18,2	10,9	9,2	89,0	90,5
Desvio padrão	2,4	3,5	4,3	5,3	1,3	1,2	5,6	7,8
Comparação entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 x		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 x		-	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 90, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 7,6 (1ªC) e 10,9% (2ªC), para o CO₂ foi 11,9 e 16,4% e para O₂ foi 9,3 e 7,9%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,1 (1ªC) e 0,1% (2ªC) e a maior 8,2 (1ªC) e 11,5% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,3 e 0,5%; maiores valores: 14,9 e 18,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,2 e 4,4%; maiores valores: 10,9 e 9,2%). Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio.

Observou-se retenção dos dois gases de interesse pela camada de cobertura cultivada com grama Bermuda nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 90.

Tabela 90 - Retenção dos gases (camada com grama Bermuda, duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Média	0,9	1,3	1,6	2,0
Mínimo	0,1	0,2	0,0	0,1
Máximo	2,6	3,6	4,2	5,7

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Já os dados referentes aos fluxos estão consolidados na Tabela 91. Dela se observa que o fluxo mássico na segunda campanha foi 0,3 - 0,4 vezes maior que na primeira campanha. O fluxo volumétrico teve o mesmo comportamento (0,3 - 0,5 vezes maior na segunda).

Tabela 91 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com grama Bermuda, duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	Mássico	g/m ² .s	2,3 x 10 ⁻³	3,4 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			7,3 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻²	4,3 x 10 ⁻²	5,1 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,5 X		0,3 X	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,7 x 10 ⁻⁶	5,4 x 10 ⁻⁶	6,4 x 10 ⁻⁶	8,2 x 10 ⁻⁶
Máximo			1,2 x 10 ⁻⁵	3,7 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	3,0 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,5 X		0,3 X	

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Realizando uma comparação entre os fluxos de CH₄ e CO₂ medidos na camada cultivada com grama Bermuda em relação aos fluxos medidos na camada de cobertura convencional (branco) observaram-se várias reduções, que chegam, por exemplo, a 44% em massa de CH₄ na primeira campanha, como mostra a Tabela 92.

Tabela 92 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (grama Bermuda versus Branco)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Diferenças (%)						
Média	mássico	g/m ² .s	8	6	8	7
Máximo			44	21	38	41
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	7	5	9	7
Máximo			40	20	38	40

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, a grama Bermuda conseguiu reduzir as emissões dos dois gases de forma muito parecida nas duas campanhas, em termos mássicos e volumétricos. Em

comparação com os capins Mombaça, Massai e Andropogon, a grama Bermuda reduziu menos emissões. Estendendo-se as condições atuais por um ano, a ordem de grandeza estimada dessas reduções (emissão do ‘branco’ - emissão do solo cultivado) seria a representada na Tabela 93.

Tabela 93 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (grama Bermuda) por ano

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	kg/m ² .ano	6	7	30	33
Máximo			180	192	827	1112
Média	volumétrico	m ³ /m ² .ano	9	9	20	19
Máximo			252	290	479	631

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, a grama Bermuda tem a capacidade de reduzir a emissão, em média, de 6 kg/m².ano de CH₄ (considerando os dados da primeira campanha como referência) e 7 kg/m².ano (2^a C³⁵). Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 30 kg/m².ano (1^a C) e 33 kg/m².ano (2^a C).

Comparando com os resultados do capim Andropogon, apenas o valor médio obtido para o CH₄ (dados segunda campanha) foi diferente, mostrando a semelhança entre ambos nesse quesito.

Em termos volumétricos, a capacidade de redução seria de, em média, 9 m³/m².ano de CH₄ nas duas campanhas. Para o CO₂, a capacidade de redução alcançaria, em média, 20 m³/m².ano (1^a C) e 19 m³/m².ano (2^a C).

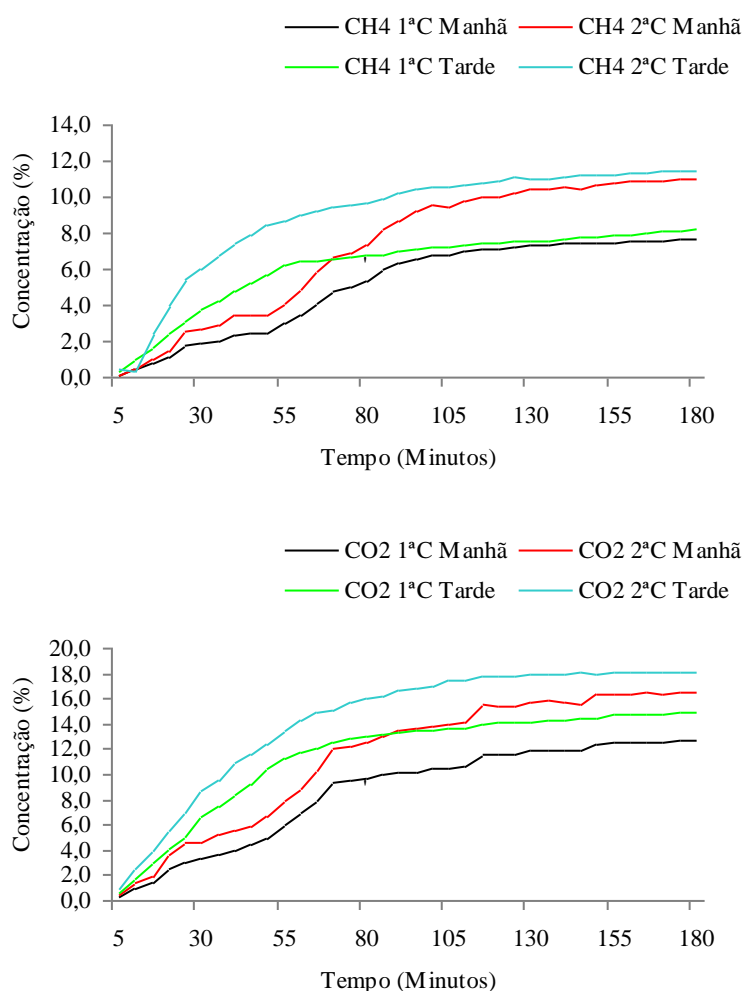
Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 77.

³⁵ C = Campanha.

Os gases emitidos pelo solo cultivado com grama Bermuda foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 8,6% de CO₂, 5,1% de CH₄, 8,1% de O₂ e 78,2% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes): 11,4% de CO₂, 7,2% de CH₄, 6,3% de O₂ e 75,1% de outros gases.

Figura 77 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa por turno (grama Bermuda, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com grama Bermuda foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 11,5% de CO₂, 6,2% de CH₄, 8,5% de O₂ e 73,8% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,5 vezes) e redução nos demais gases (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 14,3% de CO₂, 9,0% de CH₄, 6,9% de O₂ e 69,8% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 94.

Tabela 94 - Concentrações dos gases na placa por turno (grama Bermuda, duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,6	10,9	11,9	16,4	8,6	5,1	73,4	70,5
Mínimo	0,1	0,1	0,3	0,5	6,2	4,4	73,3	67,8
Máximo	7,7	11,0	12,7	16,5	10,6	8,9	89,0	90,5
Desvio padrão	2,6	3,7	4,0	5,2	1,3	1,2	5,4	7,6
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,6	11,2	14,7	18,2	9,8	7,9	70,6	65,4
Mínimo	0,3	0,3	0,7	0,9	6,4	4,9	70,5	64,8
Máximo	8,2	11,5	14,9	18,2	10,9	9,2	88,1	89,5
Desvio padrão	2,1	3,1	4,1	5,0	1,3	1,2	5,1	7,0
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,5 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 95, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 7,6 (1ªC) e 10,9% (2ªC), para o CO₂ foi 11,9 e 16,4% e para O₂ foi 8,6 e 5,1%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,1 (1ªC) e 0,1% (2ªC) e a maior 7,7 (1ªC) e 11,0% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,3 e 0,5%; maiores valores: 12,7 e 16,7%). Para o O₂ (menores valores: 6,2 e 4,4%; maiores valores: 10,6 e 8,9%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 7,6 (1^aC) e 11,2% (2^aC), para o CO₂ foi 14,7 e 18,2% e para O₂ foi 9,8 e 7,9%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,3 (1^aC) e 0,3% (2^aC) e a maior 8,2 (1^aC) e 11,5% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,7 e 0,9%; maiores valores: 14,9 e 18,2%). Para o O₂ (menores valores: 6,4 e 4,9%; maiores valores: 10,9 e 9,2%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura cultivada com grama Bermuda, proporcionalmente, aumentaram, como se observa na Tabela 95.

Tabela 95 - Fluxos mássico e volumétrico (camada com grama Bermuda, duas campanhas)

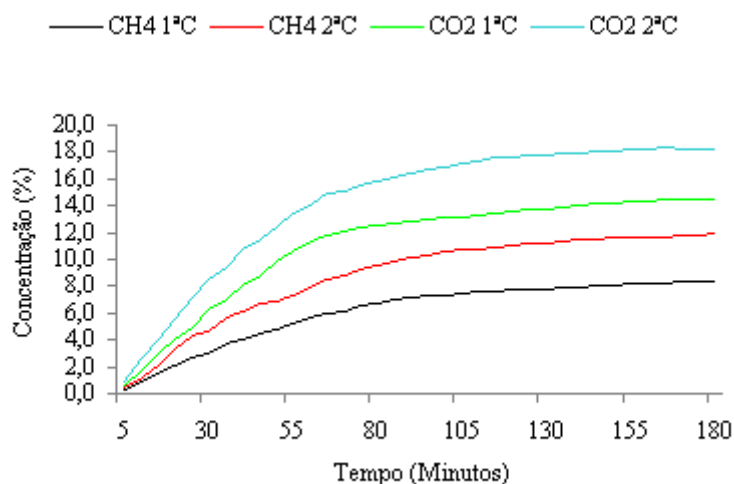
Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,2 x 10 ⁻³	3,2 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻²	1,3 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			7,3 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	4,0 x 10 ⁻²	5,1 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,6 x 10 ⁻⁶	5,2 x 10 ⁻⁶	5,9 x 10 ⁻⁶	7,8 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,2 x 10 ⁻⁵	1,8 x 10 ⁻⁵	2,3 x 10 ⁻⁵	3,0 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,4 x 10 ⁻³	3,5 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		7,3 x 10 ⁻³			2,3 x 10 ⁻²	4,3 x 10 ⁻²	4,8 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,3 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	3,8 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	6,9 x 10 ⁻⁶	8,5 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,2 x 10 ⁻⁵	3,7 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			0,5 X		0,2 X			

C = Campanha. Os resultados que permitiram essas estimativas: Apêndice M7 e M8. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.12.5 Capim Buffel

Para o solo cultivado com o capim **Buffel**, tem-se as concentrações representadas na Figura 78.

Figura 78 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa (capim Buffel, duas campanhas)

Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com o capim Buffel foram compostos, na primeira campanha, em média, por 11,1% de CO₂, 6,1% de CH₄, 8,6% de O₂ e 74,1% de outros gases.

Na segunda campanha, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 14,3% de CO₂, 8,8% de CH₄, 6,8% de O₂ e 70,1% de outros gases. Outras variáveis calculadas estão na Tabela 96.

Tabela 96 - Concentrações dos gases (camada com capim Buffel, duas campanhas)

Dados da semana de monitoramento (%)								
Variável Calculada	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	OG
	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C	1ª C	2ª C
Moda	7,9	10,6	13,2	19,1	8,8	5,4	68,9	66,2
Mínimo	0,2	0,3	0,6	0,9	1,0	0,8	68,8	62,8
Máximo	8,6	12,1	15,7	19,2	11,5	9,7	88,0	89,4
Desvio padrão	2,4	3,4	4,1	5,0	1,6	1,5	5,5	7,4
Comparação entre as Campanhas								
Aumento da média	0,4 X		0,3 X		-		-	
Redução da média	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 97, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no interior da placa (Moda) foi 7,9 (1^aC) e 10,6% (2^aC), para o CO₂ foi 13,2 e 19,1% e para O₂ foi 8,8 e 5,4%.

Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1^aC) e 0,3% (2^aC) e a maior 8,6 (1^aC) e 12,1% (2^aC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,9%; maiores valores: 15,7 e 19,2%). Para o O₂ (menores valores: 1,0 e 0,8%; maiores valores: 11,5 e 9,7%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o oxigênio.

A camada de cobertura cultivada com capim Buffel reteve os gases de interesse nas duas campanhas (medida pela diferença entre a concentração no dreno e a concentração na camada), como apresenta a Tabela 97.

Tabela 97 - Retenção dos gases (camada com capim Buffel, duas campanhas)

Variável Calculada	CH ₄		CO ₂	
	%			
	1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	0,4	0,6	0,5	0,6
Mínimo	0,1	0,1	0,1	0,1
Máximo	1,5	2,1	0,7	0,8

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Já os dados relativos aos fluxos estão consolidados na Tabela 98. Dela se observa que o fluxo mássico na segunda campanha foi 0,3 - 0,4 vezes maior que na primeira campanha. O fluxo volumétrico teve o mesmo comportamento (0,3 - 0,5 vezes maior na segunda).

Tabela 98 - Fluxos mássicos e volumétricos (camada com capim Buffel, duas campanhas)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	g/m ² .s	2,4 x 10 ⁻³	3,5 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo			8,3 x 10 ⁻³	1,8 x 10 ⁻²	4,6 x 10 ⁻²	5,2 x 10 ⁻²
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,5 X		0,3 X	
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,9 x 10 ⁻⁶	5,6 x 10 ⁻⁶	6,7 x 10 ⁻⁶	8,5 x 10 ⁻⁶
Máximo			1,3 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	2,7 x 10 ⁻⁵	3,0 x 10 ⁻⁵
Comportamento entre as Campanhas						
Aumento da média			0,4 X		0,3 X	

C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Realizando uma comparação entre os fluxos de CH₄ e CO₂ medidos na camada cultivada com capim Buffel em relação aos fluxos medidos na camada de cobertura convencional (branco), observaram-se várias reduções, que chegam, por exemplo, a 44% em massa de CH₄ na primeira campanha, como mostra a Tabela 99.

Tabela 99 - Redução (%) dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Buffel versus Branco)

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Diferenças (%)						
Média	mássico	g/m ² .s	4	3	0	0
Máximo			36	38	33	40
Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3	2	4	3
Máximo			35	39	33	40

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Buffel conseguiu reduzir as emissões dos dois gases de forma muito parecida nas duas campanhas, em termos mássicos e volumétricos. Em comparação com os capins Mombaça, Massai, Andropogon e com a grama Bermuda, o capim Buffel reduziu menos emissões. Observou-se também que, percentualmente, o capim Buffel se quer alterou o fluxo mássico médio de CO₂ emitido pelo “branco”.

Admitindo-se que as condições atuais se repetiriam por um ano, a ordem de grandeza estimada dessas reduções (emissão do 'branco' - emissão do solo cultivado) seria a representada na Tabela 100.

Tabela 100 - Redução dos fluxos mássicos e volumétricos (capim Buffel) por um ano

Variável Calculada			CH ₄		CO ₂	
			1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C
Média	mássico	kg/m ² .ano	3	3	0	0
Máximo			148	348	718	1085
Média	volumétrico	m ³ /m ² .ano	4	4	0	0
Máximo			221	566	416	631

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa, o capim Buffel tem a capacidade de reduzir a emissão, em média, de 3 kg/m².ano de CH₄ em cada uma das campanhas. Para o CO₂, não foi observada capacidade alguma de redução.

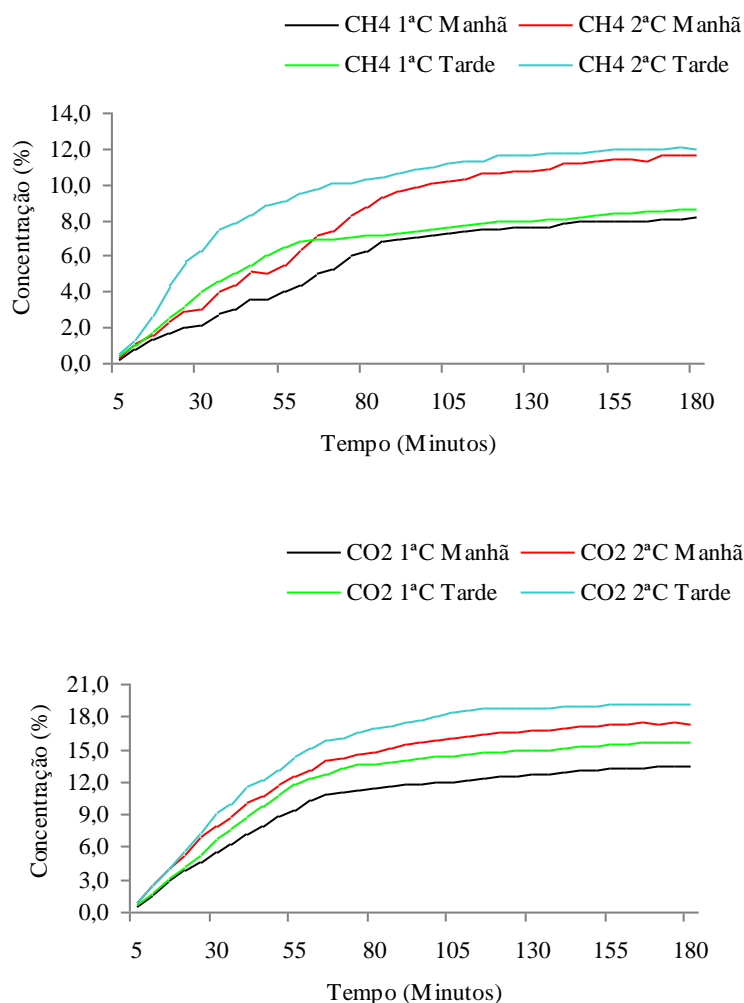
Em termos volumétricos, a capacidade de redução seria de, em média, 4 m³/m².ano de CH₄ nas duas campanhas. Para o CO₂, não foi observada capacidade alguma de redução.

Realizando uma subdivisão dos dados das concentrações dos gases de interesse por **turno**, foram observadas maiores concentrações no turno da tarde, como mostrado na Figura 79.

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Buffel foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **manhã**, em média, por 10,2% de CO₂, 5,7% de CH₄, 8,5% de O₂ e 75,6% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,3 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução no O₂ (0,2 vezes): 13,5% de CO₂, 8,0% de CH₄, 6,6% de O₂ e 71,9% de outros gases.

Figura 79 - Concentração de CH₄ e CO₂ na placa por turno (capim Buffel, duas campanhas)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Os gases emitidos pelo solo cultivado com capim Buffel foram compostos, na **primeira campanha** e no turno da **tarde**, em média, por 12,1% de CO₂, 6,6% de CH₄, 8,7% de O₂ e 72,6% de outros gases.

Na **segunda campanha**, houve um aumento na concentração dos dois principais gases de interesse (CO₂: 0,2 vezes e CH₄: 0,4 vezes) e redução nos demais (O₂: 0,2 vezes e OG: 0,1 vezes): 15,1% de CO₂, 9,5% de CH₄, 7,0% de O₂ e 68,3% de outros gases.

Outras variáveis calculadas estão na Tabela 101.

Tabela 101 - Concentrações dos gases na placa por turno (capim Buffel, duas campanhas)

Dados do turno da manhã (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,9	10,6	13,4	17,4	10,2	5,4	72,4	66,2
Mínimo	0,2	0,3	0,6	0,9	6,5	4,7	71,7	66,0
Máximo	8,2	11,7	13,4	17,4	11,2	9,4	88,0	89,4
Desvio padrão	2,5	3,6	3,7	4,7	1,3	1,3	4,9	7,0
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,3 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		-	
Dados do turno da tarde (%)								
Variável Calculada	CH₄		CO₂		O₂		OG	OG
	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>	<i>1ª C</i>	<i>2ª C</i>
Moda	7,2	12,0	14,3	19,1	10,3	8,0	68,9	63,4
Mínimo	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	5,1	68,8	62,7
Máximo	8,6	12,1	15,7	19,2	11,5	9,7	87,4	88,8
Desvio padrão	2,3	3,5	4,3	5,3	1,9	1,2	5,6	7,7
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>	0,4 X		0,2 X		-		-	
<i>Redução da média</i>	-		-		0,2 X		0,1 X	

C = Campanha, OG = Outros Gases. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

Como se observa na Tabela 101, da primeira para a segunda campanha de monitoramento a concentração de CH₄ que mais se repetiu no turno da **manhã** (Moda) foi 7,9 (1ªC) e 10,6% (2ªC), para o CO₂ foi 13,4 e 17,4% e para O₂ foi 10,2 e 5,4%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,2 (1ªC) e 0,3% (2ªC) e a maior 8,2 (1ªC) e 11,7% (2ªC). Para o CO₂ (menores valores: 0,6 e 0,9%; maiores valores: 13,4 e 17,4%). Para o O₂ (menores valores: 6,5 e 4,7%; maiores valores: 11,2 e 9,4%).

Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Pela **tarde**, a concentração de CH₄ que mais se repetiu (Moda) foi 7,2 (1ªC) e 12,0% (2ªC), para o CO₂ foi 14,3 e 19,1% e para O₂ foi 10,3 e 8,0%. Observou-se ainda que a menor concentração de CH₄ foi 0,4 (1ªC) e 0,5% (2ªC) e a maior 8,6 (1ªC) e 12,1% (2ªC).

Para o CO₂ (menores valores: 0,7 e 0,9%; maiores valores: 15,7 e 19,2%). Para o O₂ (menores valores: 1,0 e 5,1%; maiores valores: 11,5 e 9,7%). Observou-se um aumento na dispersão dos dados referentes às concentrações de todos os gases de uma campanha para outra, exceto para o O₂.

Da mesma forma que as concentrações dos gases de interesse aumentaram da primeira para a segunda campanha, os resultados dos fluxos medidos na cobertura cultivada com capim Buffel, proporcionalmente, aumentaram, como se observa na Tabela 102.

Tabela 102 - Fluxos mássico e volumétrico (camada com capim Buffel, duas campanhas)

Turno	Variável Calculada			CH ₄		CO ₂		
				1 ^a C	2 ^a C	1 ^a C	2 ^a C	
Manhã	Média	mássico	g/m ² .s	2,4 x 10 ⁻³	3,4 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²	
	Mínimo			0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máximo			7,3 x 10 ⁻³	1,0 x 10 ⁻²	3,7 x 10 ⁻²	4,9 x 10 ⁻²	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Média	volumétrico	m ³ /m ² .s	3,8 x 10 ⁻⁶	5,5 x 10 ⁻⁶	6,2 x 10 ⁻⁶	8,1 x 10 ⁻⁶	
	Máximo			1,2 x 10 ⁻⁵	1,7 x 10 ⁻⁵	2,2 x 10 ⁻⁵	2,8 x 10 ⁻⁵	
	Comportamento entre as Campanhas							
	<i>Aumento da média</i>			0,4 X		0,3 X		
	Tarde	Média	mássico	g/m ² .s	2,5 x 10 ⁻³	5,4 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻²	1,5 x 10 ⁻²
Mínimo		0,0			0,0	0,0	0,0	
Máximo		8,3 x 10 ⁻³			7,6 x 10 ⁻²	4,6 x 10 ⁻²	5,2 x 10 ⁻²	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			1,2 X		0,3 X			
Média		volumétrico	m ³ /m ² .s	4,0 x 10 ⁻⁶	8,6 x 10 ⁻⁶	7,3 x 10 ⁻⁶	8,9 x 10 ⁻⁶	
Máximo				1,3 x 10 ⁻⁵	1,2 x 10 ⁻⁴	2,7 x 10 ⁻⁵	3,0 x 10 ⁻⁵	
Comportamento entre as Campanhas								
<i>Aumento da média</i>			1,2 X		0,2 X			

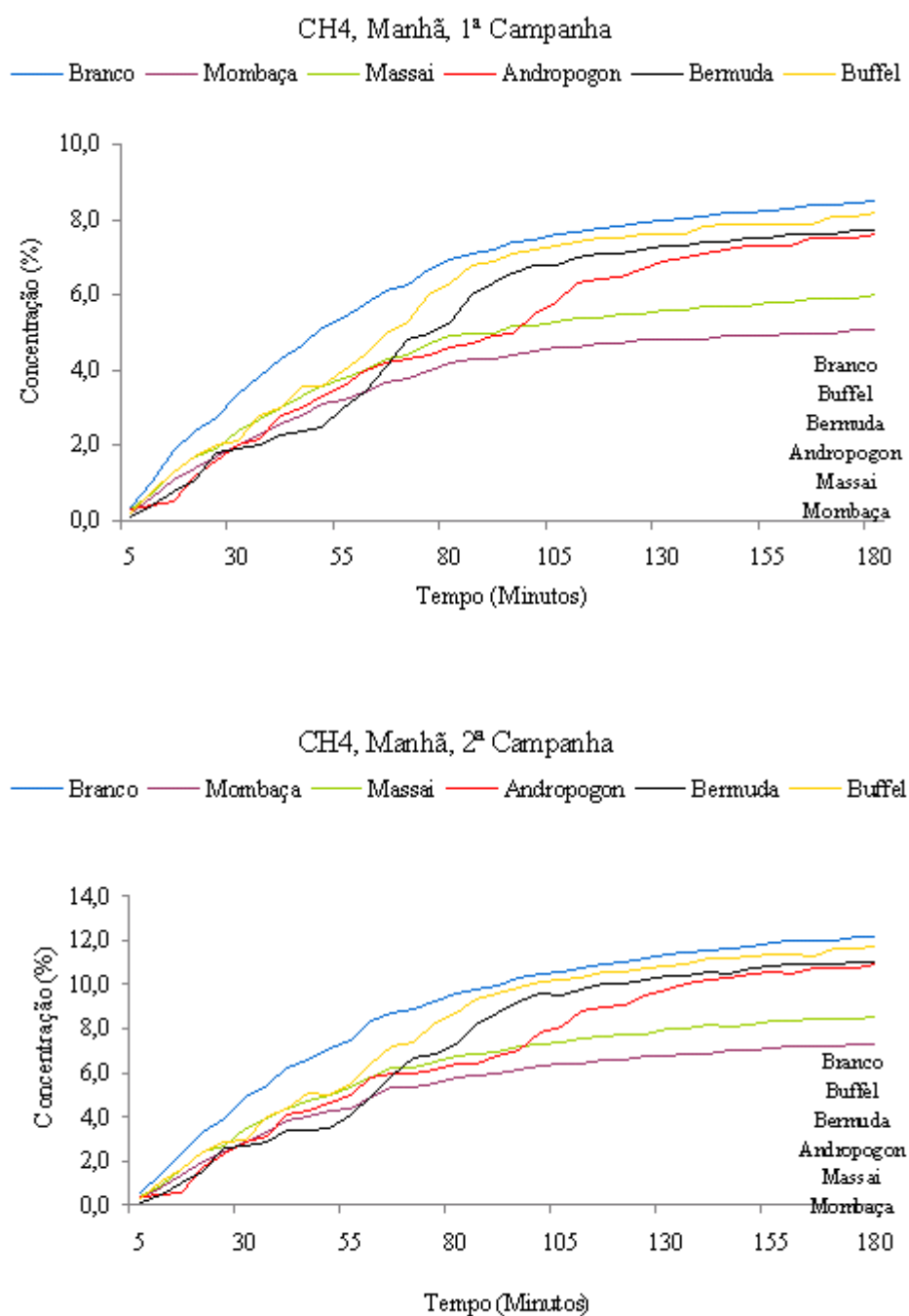
C = Campanha. Os resultados que permitiram essas estimativas: Apêndice M9 e M10. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Fonte: do Autor (2012)

4.12.6 Comparativo entre os Cultivos

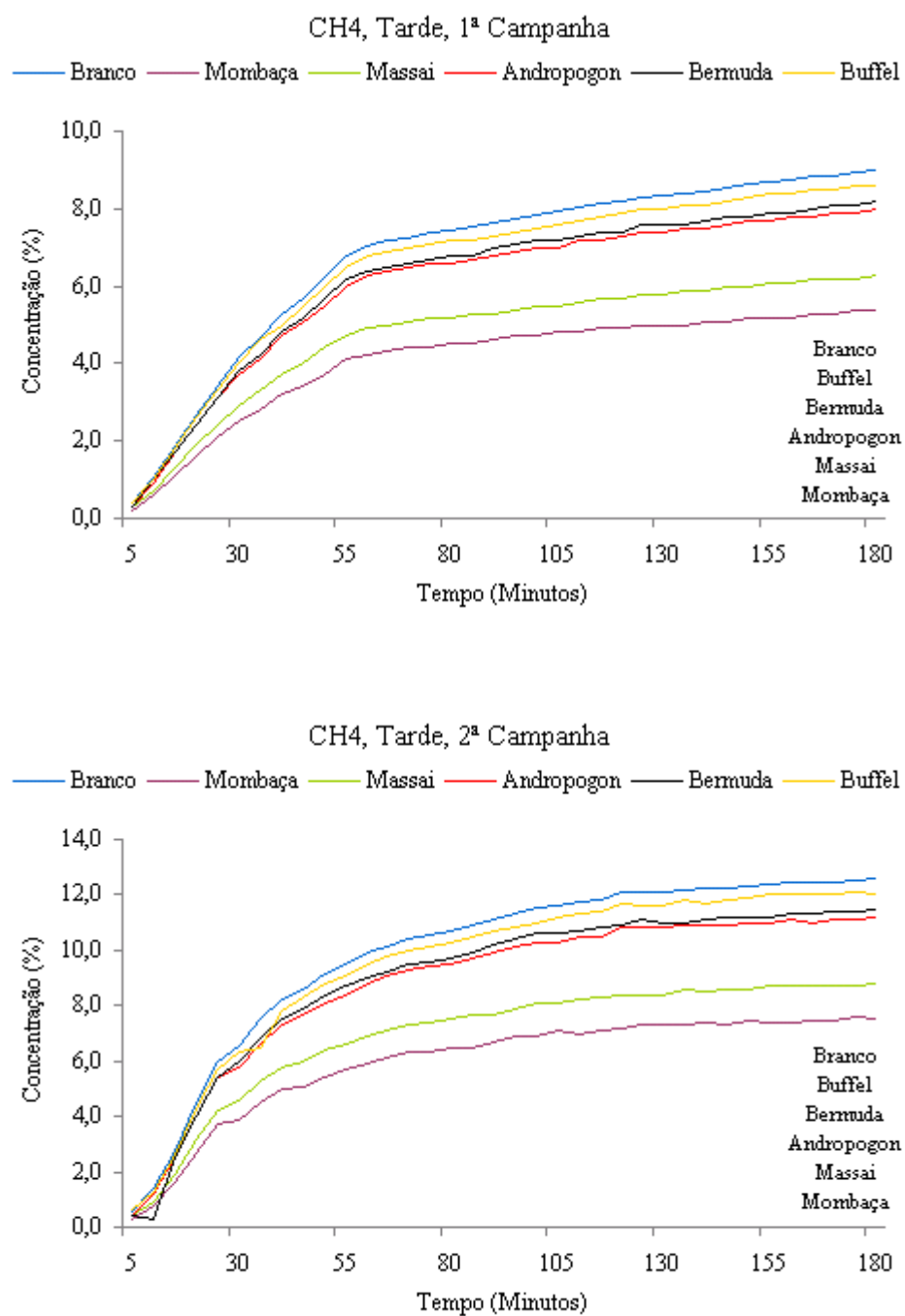
As Figuras 80 a 83 mostram o comportamento comparativo das diferenças nas concentrações dos gases no interior da placa em todos os cultivos (“branco” x cultivos).

Figura 80 - Concentração (%) de CH₄ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, manhã)



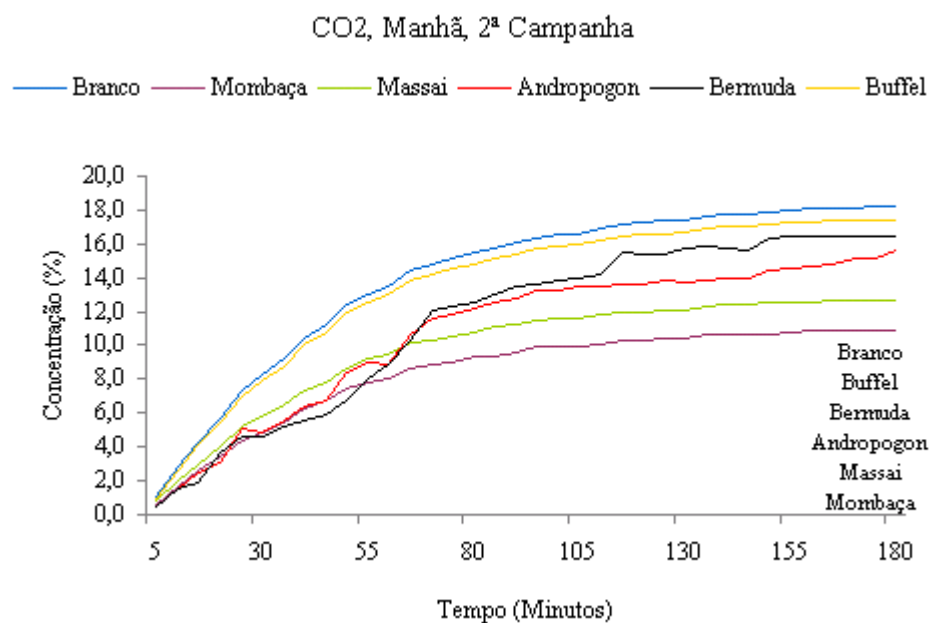
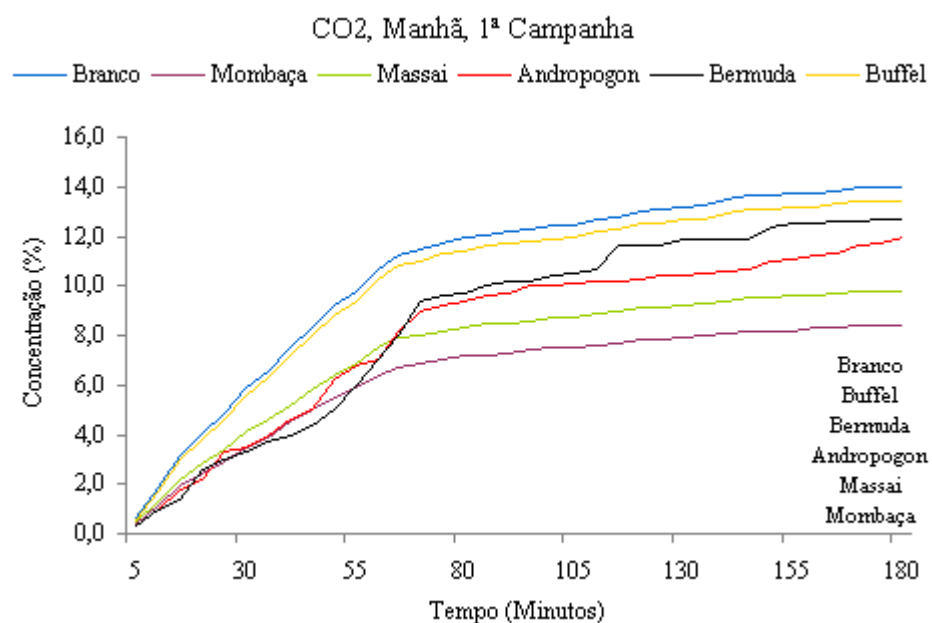
Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Figura 81 - Concentração (%) de CH₄ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, tarde)



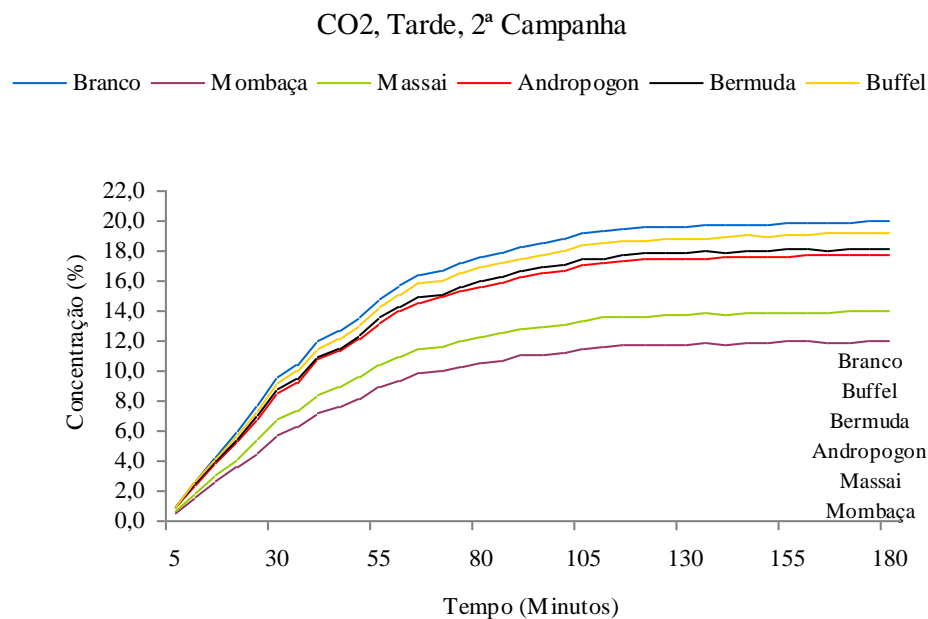
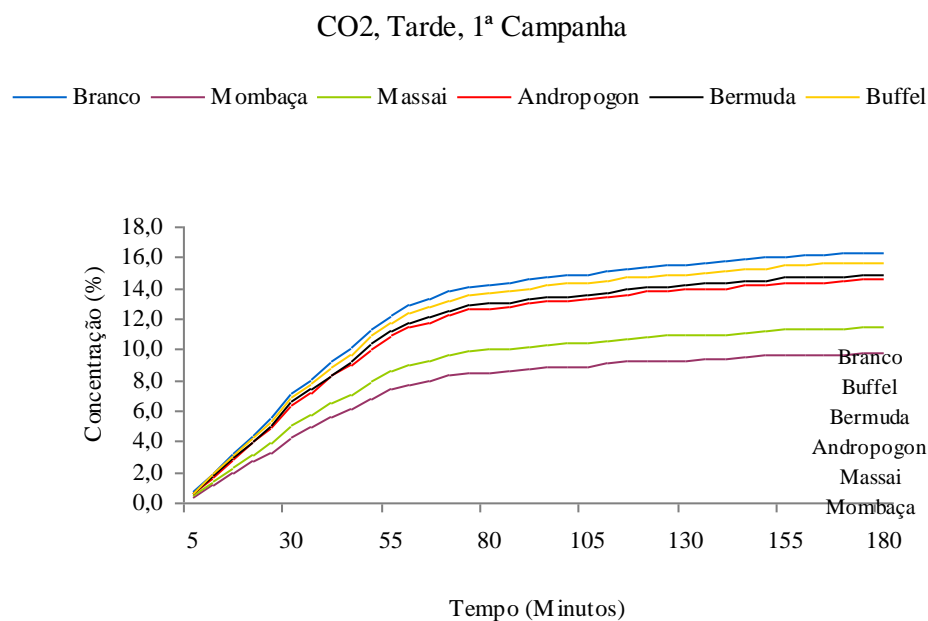
Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Figura 82 - Concentração (%) de CO₂ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, manhã)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Figura 83 - Concentração (%) de CO₂ no “branco” e nos cultivos (duas campanhas, tarde)



Fonte: do Autor (2012). C = Campanha. Primeira campanha (20 a 24/02/2012), Segunda campanha (27 a 31/08/2012).

Como se observa, o comportamento dos dois gases foi mais regular no turno da tarde (menor desvio padrão e menores flutuações) nas duas campanhas. Em relação às emissões do "branco", o capim Mombaça (curva mais distante do 'branco') foi o que mais reteve os gases, e o capim Buffel, o que menos reteve (curva mais próxima do 'branco').

Consolidando uma avaliação geral de todos os cultivos, pode-se estimar uma retenção média de 69 kg/m².ano de CH₄ (primeira campanha) e 101 kg/m².ano de CH₄ (segunda campanha). Quanto ao dióxido de carbono, estimou-se uma retenção média de 318 kg/m².ano de CO₂ (primeira campanha) e 378 kg/m².ano de CO₂ (segunda campanha).

Em termos volumétricos, pode-se estimar uma retenção média de 87 m³/m².ano de CH₄ (primeira campanha) e 111 m³/m².ano de CH₄ (segunda campanha). Quanto ao dióxido de carbono, estimou-se uma retenção média de 161 m³/m².ano de CO₂ (primeira campanha) e 191 m³/m².ano de CO₂ (segunda campanha).

Os valores supracitados significam uma redução da poluição do ar oriunda do aterro sanitário, mitigação das emissões por processos de percolação nas camadas de cobertura, e redução da contribuição local em termos de efeito estufa e aquecimento global.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos nesse trabalho permitiram concluir que:

- ✓ a caracterização do lixiviado somada à qualidade dos gases emitidos pela CE, apontaram que os RSU encontravam-se na fase ácida de digestão;
- ✓ foi baixo o percentual de resíduos classificados como facilmente degradáveis destinados a CE e alta a participação de resíduos classificados como rejeito (areia, fralda, trapos, etc.). Além disso, foi baixo o teor de umidade encontrado nos RSU destinados a CE e isso influenciou negativamente no processo de digestão e geração de gases;
- ✓ com a CE foi possível melhor entender o comportamento do processo de biodegradação de RSU em aterro sanitário e o acompanhamento dos teores de metano, dióxido de carbono e oxigênio contribuiu para identificar as diferentes fases do processo de biodegradação;
- ✓ as concentrações (%) do CO_2 e CH_4 na CE foram proporcionais às características dos RSU estudados, ao tempo de aterramento, à quantidade de RSU e altura da célula, tanto na primeira quanto na segunda campanha, sendo que o primeiro gás sempre apresentou concentração superior à do segundo;
- ✓ a concentração do gás CH_4 teve um crescimento mais regular (menor desvio padrão) do que a concentração de CO_2 ;
- ✓ as concentrações máximas (pico) do CH_4 e do CO_2 no dreno central ocorreram em turnos e leituras diferentes nas duas campanhas, sendo difícil prever o momento em que o 'pico' irá ocorrer;
- ✓ as concentrações do CH_4 e do CO_2 no ensaio de placa, em linhas gerais, foram menores que a observada no dreno, constatando retenção pela camada de cobertura (maior de CO_2);

- ✓ assim como no dreno central, a concentração do gás CH₄ na camada de cobertura foi mais regular (menor desvio padrão) que a concentração de CO₂;
- ✓ na primeira campanha, o fluxo médio geral de CO₂ (em g/m².s) na cobertura da CE foi 4,8 vezes maior que o fluxo de CH₄ e, em termos volumétricos, essa diferença foi de 1,8 vezes. Na segunda campanha, esses valores foram de 4,2 vezes (fluxo mássico) e 1,5 vezes, mostrando que a concentração de CH₄ estava em elevação;
- ✓ no ensaio de placa o acúmulo nas concentrações (%) do CO₂ e do CH₄ foram maiores no turno da tarde, sugerindo relação com o aumento da temperatura;
- ✓ o fluxo médio de CH₄ (em g/m².s) aumentou 40% da primeira para a segunda campanha, no turno da manhã, e 38%, no turno da tarde. Em termos volumétricos (m³/m².s), o aumento entre as campanhas foi de 44% (manhã) e 39% (tarde);
- ✓ o fluxo médio de CO₂ (em g/m².s) aumentou 36% da primeira para a segunda campanha, no turno da manhã, e 23%, no turno da tarde. Em termos volumétricos (m³/m².s), o aumento entre as campanhas foi de 31% (manhã) e 22% (tarde);
- ✓ os fluxos de CH₄, mássicos e volumétricos, aumentaram mais (%) que os fluxos de CO₂ da primeira para a segunda campanha, sugerindo que a CE deverá iniciar sua fase metanogênica breve;
- ✓ mesmo colocadas sobre solo de aterro sanitário e sem tratamento especial na cobertura ou no cultivo, as sementes dos quatro capins estudados e da grama Bermuda apresentaram germinação dentro dos prazos biológicos previstos. Assim, há sobrevivência dessas espécies sobre solo de aterro sanitário com indicadores de desenvolvimento menores, mas que demonstram claro início de um processo de revegetação do aterro, sendo fundamental a contribuição humana;
- ✓ entre os cultivos, o capim Mombaça foi o que apresentou a maior Taxa de Aparecimento de Folhas, Taxa de Alongamento das Folhas, Comprimento Médio das Folhas, Produção de Matéria Seca Total Aérea e Teor de Matéria Seca nas duas campanhas, mas todos os cultivos apresentaram indicadores de desenvolvimento,

rendimento forrageiro e a estimativa produção/hectare menores que os observados na literatura, com algumas exceções;

- ✓ o capim Massai foi o que apresentou o maior valor para o parâmetro Filocrono (Fil) nas duas campanhas e isso significou que esta espécie e as demais demoraram para apresentar folhas sucessivas, indicando baixo desenvolvimento vegetal, com algumas exceções;
- ✓ os valores do parâmetro Comprimento Médio das Folhas, nas duas campanhas, foram os que melhores se assemelharam aos resultados constantes na literatura, mostrando boa relação entre as características morfogênicas e estruturais da pastagem;
- ✓ a condição alcalina do solo, somada à baixa concentração de macro e micronutrientes, alto grau de compactação da camada de cobertura e baixa permeabilidade à água influenciaram negativamente a fertilidade do substrato e o desenvolvimento dos cultivos;
- ✓ entre as camadas cultivadas, a que possuía o capim Mombaça permitiu os menores fluxos de CH_4 e CO_2 (maior retenção), tanto mássico quanto volumétrico, em relação ao "branco" e o capim Buffel foi o que apresentou maiores fluxos (menor retenção);
- ✓ em relação ao "branco", a camada cultivada com o capim Mombaça teve capacidade de reter 40%, em média, do fluxo mássico de CH_4 durante a primeira campanha e 39% durante a segunda campanha (para o CO_2 obteve-se 39% nas duas campanhas). Assim, o capim Mombaça foi o que melhor respondeu ao propósito da pesquisa;
- ✓ em relação ao "branco", a camada cultivada com o capim Buffel teve capacidade de reter 4%, em média, do fluxo mássico de CH_4 durante a primeira campanha e 3% durante a segunda campanha (para o CO_2 obteve-se 0% nas duas campanhas). Assim, o capim Buffel foi o que pior respondeu ao propósito da pesquisa;
- ✓ houve uma relação positiva entre as variáveis que avaliaram o desenvolvimento do capim Mombaça (maior) e sua capacidade de retenção dos gases na cobertura

cultivada (maior), sendo verdadeira essa proposição também para o capim Buffel (menor desenvolvimento, menor retenção);

- ✓ assim como no dreno central e no "branco", as concentrações máximas (pico) do CH₄ e do CO₂ ocorreram em turnos e leituras diferentes nas duas campanhas, sendo muito difícil prever 'quando' e 'onde' ocorrerá a maior concentração;

São sugestões para pesquisas futuras:

- ✓ realizar uma avaliação sobre a viabilidade econômica dos cultivos em larga escala;
- ✓ avaliar o grau de desenvolvimento dos cultivos na cobertura do aterro sob regime de adubação;
- ✓ avaliar o comportamento dos fluxos dos gases a partir da mistura das sementes das espécies estudadas (policulturas);

REFERÊNCIAS

ABICHOU et al. Methane flux and oxidation at two types of intermediate landfill covers. **Waste Management**, v.26, n.11, p.1305-1312, jan., 2006.

ABUSHAMMALA et al. Estimation of methane emission from landfills in Malaysia using the IPCC 2006 FOD Model. **Journal of Applied Sciences**, v.10, n.15, p.1603-1609, jun., 2010.

ADESE LOPES, B. **Aspectos importantes da fisiologia vegetal para o manejo**. 2003. 55p. Trabalho de Conclusão de Disciplina (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY - ATDRX. **Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals**. ATDRX: Division of Health Assessment and Consultation. 74p., 2001. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/landfill/html/intro.html>. Acesso: 29 set. 2011.

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos & Ciência**, n.5, ano III, jun., 2005.

AL-GHAZAWI, Z. D.; ABDULLA, F. Mitigation of methane emissions from sanitary landfills and sewage treatment plants in Jordan. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.10, n.4, p.341-350, jan., 2008.

ALMEIDA, T. L.; SCHALCH, V. Avaliação da movimentação de líquidos percolados nos poros do solo em locais de disposição de resíduos sólidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 6., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007.

ALVES, J. W. S. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos**. 2000. 165p. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st, Washington DC: APHA, 2005.

AMORIM DA SILVA et al. Caracterização físico-química e toxicológica do lixiviado de resíduos sólidos domiciliares e resíduos sólidos de serviço de saúde codispostos em célula de aterro sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

ANDRADE et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, mar. 2004.

ANDRADE, J C. M.; MAHLER, C. F. Avaliação de aspectos da fertilidade de metais tóxicos no solo de cobertura de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos visando sua vegetação. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2000.

ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D.; OLIVEIRA, D. S. O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas. **Acta Scientiarum**, v.26, n.1, p.65-73, 2004.

ANTÔNIO DE OLIVEIRA et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-Bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1939-1948, 2000.

ARAÚJO, S. M. D. **Projeto, execução e monitoramento de células experimentais com aceleração da degradação**. 2001. 142p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

ARONICA et al. Estimation of biogas produced by the landfill of Palermo, applying a Gaussian model. **Waste Management**, v.29, n.1, p.233-239, jan., 2009.

ARRUDA SANTOS et al. Caracterização do pasto de capim Buffel diferido e da dieta de bovinos, durante o período seco no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.454-463, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6502/95** - Rochas e Solos (Terminologia). Rio de Janeiro: ABNT, 18p., 1995.

_____. **NBR 6484/01** - Sondagens de simples reconhecimento com SPT: Método e ensaio: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 8p., 2001.

_____. **NBR 14545/02** - Solo (Determinação do Coeficiente de Permeabilidade de Solos Argilosos e Carga Variável). Rio de Janeiro: ABNT, 10p., 2002.

_____. **NBR 6459/84** - Solo (Determinação do Limite de Liquidez, procedimento). Rio de Janeiro: ABNT, 6p., 1984.

_____. **NBR 7180/84** - Solo (Determinação do Limite de Plasticidade, procedimento). Rio de Janeiro: ABNT, 3p., 1984.

_____. **NBR 7181/84** - Solo (Análise Granulométrica, procedimento). Rio de Janeiro: ABNT, 13p., 1984.

_____. **NBR 7182/84** - Solo (Ensaio de Compactação, procedimento). Rio de Janeiro: ABNT, 10p., 1984.

ATHAYDE et al. **Gramíneas do gênero *Cynodon* - cultivares recentes no Brasil**. Boletim Técnico, n.73, 14p. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

AVELAR MAGALHÃES, J. **Características morfogênicas e estruturais, produção e composição bromatológica de gramíneas forrageiras sob irrigação e adubação**. 2010. 139p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

AYALON, O.; AVNIMELECH, Y.; SCHECHTER, M. Solid waste treatment as a high-priority and low-cost alternative for greenhouse gas mitigation. **Environmental Management**, v.27, n.5, p.697-704, may., 2001.

AYE, L.; WIDJAYA, E. R. Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia. **Waste Management**, v.26, n.10, p.1180-1191, nov., 2006.

BANDINELLI et al. Variáveis morfológicas de *Andropogon Lateralis* Nees submetido a níveis de nitrogênio nas quatro estações do ano. **Ciencia Rural**, v.33, n.1, p.71-76, dez., 2003.

BARBOSA DA SILVA, F. **Tratamento combinado de lixiviados de aterros sanitários**. 2009. 118p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BARROS MORENO, L. S. **Produção de forragem de capins do gênero Panicum e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BARROS OLIVEIRA et al. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007.

BARROS, L. H. S.; JARDINEIRO, K. S.; BITENCOURT, M. D. Classificação da imagem ALOS para identificação do potencial de re-vegetação dos aterros desativados no município de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2011.

BELI et al. Recuperação da área degradada pelo lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal - SP. **Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.135-148, jan./mar. 2005.

BERNADES, R. S.; PASTORE, E. L.; PEREIRA, J. H. F. Caracterização geofísica e geoquímica da área de disposição de resíduos urbanos “aterro do Jôquei Clube” em Brasília - DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999.

BERTO NETO, J. **Medidas da emissão de gases em oito aterros de resíduos sólidos urbanos do estado de São Paulo - Brasil**. 2009. 588p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BORBA, S. M. P. **Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudo de caso**. 2006. 149p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BORGES, R. M. H.; SILVA, L. R.; CAMPOS, J. C. Processo híbrido aplicado ao tratamento do lixiviado do aterro metropolitano de Gramacho (RJ). In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais...** Vitória, 2002.

BRAEUTIGAM et al. Landfill gas emissions from landfills in Santiago de Chile - strategies to reduce impact on local environment as well as on global climate. In: SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS, 2., 2009. Barranquilla. **Anais...** Barranquilla, 2009.

BRANDÃO et al. Condutividade elétrica aparente e sua correlação com o pH em solos no cerrado de Goiás. In: INAMASU et al. **Agricultura de Precisão: um novo olhar**. São Carlos: Editora Cubo, 2011.

BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 12.305/2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Congresso Nacional, **D.O.U.** 03/08/2010, Brasília - DF, 2010.

BRITO FILHO, L. F. **Estudo de gases em aterros - casos: Nova Iguaçu e Terra Brava**. 2005. 218p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BRITTO, M. L. C. P. S. **Taxa de emissão de biogás e parâmetros de biodegradação de resíduos sólidos urbanos no aterro metropolitano Centro**. 2006. 187p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

BRSEEDS. **Gramma batatais 2011a**. Disponível em:
http://ww2.brseeds.com/gramma/Gramma_Batatais.pdf. Acesso: 15 out. de 2011.

_____. **Gramma bermuda: recomendações de plantio e manutenção de jardins e áreas industriais**. BRSEEDS. 2011b. Disponível em:
http://ww2.brseeds.com/gramma/Gramma_Bermuda.pdf. Acesso: 15 out. de 2011.

BUENO, R. C. O. F. **Fertilidade do solo**. 2012. 10p. Material de Aula. Instituto Federal Goiano, Iporá, 2012.

CAMARGOS, S. L. **Acidez do solo e calagem (reação do solo)**. 2005. Disponível em:
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAav5MAE/acidez-calagem-reacao-solo>. Acesso: 02 nov. 2012.

CANÇADO et al. Determinação do poder calorífico de resíduos sólidos urbanos com enfoque na geração de energia no município de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

CANDIANI, G. C. **Estudo da geração de metano em uma célula de aterro sanitário**. 2011. 173p. Tese (Doutorado em Energia), Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, 2011.

CAPACCIONI et al. Effects of a temporary HDPE cover on landfill gas emissions: multiyear evaluation with the static chamber approach at an Italian landfill. **Waste Management**, v.31, n.5, p.956-965, mai., 2011.

CARNEIRO et al. Manejo dos resíduos sólidos gerados no município de Benevides, Estado do Pará - modelo para municípios com populações de até 100.000 habitantes na região amazônica. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2000.

CARNEIRO, A. M.; IRGANG, B. E. Colonização vegetal em aterro sanitário na região peri-urbana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista da FZVA**, v.5, n.1, p 1-11, 1998.

- CARVALHO, A. R. **Percâmetro: um novo equipamento para medidas de parâmetros geotécnicos de resíduos sólidos - desenvolvimento e aplicação no aterro sanitário de Santo André (São Paulo)**. 2002. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho. **Pasturas Tropicais**, v.17, n.1, abr., 1995.
- CASTAGNARA, D. D. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais**. 2009. 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2009.
- CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro, ABES, RiMa, Projeto PROSAB, 294p., 2003.
- CASTRO et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto e construção**. 2008. 314p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. Avaliação temporal das características dos resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte, Brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 31., 2008, Santiago. **Anais...** Santiago, 2008.
- CAVALCANTE DE OLIVEIRA, M.; SILVA, C. M. M. S.; SOUZA, F. B. Capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) preservação "ex-situ" e avaliação aprofundada. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. 2005. Disponível em: <http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/livrorg/capimbuffel.pdf>. Acesso: 15 out. de 2011.
- CECATO et al. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1996, Fortaleza., **Anais...** Fortaleza, 1996.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 246 p., 1997.
- CHIEMCHAI SRI, C.; JUANGA, J. P.; VISVANATHAN, C. Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.135, n.1-3, p.13-20, dec., 2007.
- CIPRIANO, A. P. Z.; LACAVA, P. M. Caracterização do resíduo sólido urbano da estância turística de São Luiz do Paraitinga-SP. **Revista Biociências**, v.10, n.3, p.115-120, jul./set. 2004.

COLMANETTI, J. P. **Comportamento de filtros geotêxteis em sistemas de drenagem para resíduos sólidos municipais**. 2000. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES - CEC. **Strategy paper for reducing methane emissions**. Communication from the commission to the council and to the european parliament. CEC: Brussels, 39p. 1996.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Biogás: pesquisas e projetos no Brasil**. São Paulo: CETESB/Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 186p. 2006.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. **Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares dos município do Rio de Janeiro - 2005**. Rio de Janeiro: COMLURB, Gerência de Pesquisas Aplicadas, 88p. 2005.

_____. **Caracterização gravimétrica e microbiológica dos resíduos sólidos domiciliares**. Rio de Janeiro: COMLURB, Gerência de Pesquisas Aplicadas, 24p. 2009.

CONDÉ, A. R.; GARCIA, J. Maturidade fisiológica das sementes de capim Andropogon. **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, n.1, p.87-94, 1988.

CORRÊA et al. Caracterização do lixiviado do aterro sanitário de São Carlos-SP e avaliação de sua tratabilidade anaeróbia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

CORRÊA SOBRINHO, N. L. **Uma análise do balanço hídrico do aterro sanitário de Presidente Prudente**. 2000. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

CORSI, M.; SANTOS, P. M. Potencial de produção do Panicum maximum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12., 1995. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1995.

CORTÁZAR, A. L. G.; MONZÓN, I. T. Moduelo 2: A new version of an integrated simulation model for municipal solid waste landfills. **Environmental Modelling & Software**, v.22, n.1, p.59-72, jan., 2007.

COSTA SANTOS et al. Parâmetros morfogênicos do capim Buffel em estações de crescimento. In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO DA UNIMONTES, 3., 2009. Montes Claros. **Anais...** Montes Claros, 2009.

COSTA, P. O. da S. **Avaliação em laboratório, do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de Sauípe/BA**. 2002. 188p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

CRESPO MONTEIRO et al. Estudo da contaminação da área de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) da cidade de Campos dos Goytacazes/RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2001.

- CUNHA DOS SANTOS et al. Variáveis morfogênicas de capim Buffel manejado sob diferentes intensidades de pastejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Alagoas. **Anais...** Alagoas, 2011.
- CUNHA et al. Características morfogênicas e perfolhamento do *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.628-635, mai./jun., 2007.
- CUNHA, E. R.; CARNEIRO, P. F. N. Diagnóstico e proposta de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos da sede do município de Curuçá/PA. **Estudos tecnológicos**, v.3, n.1, p.37-46, jan./jun., 2007.
- DAHER et al. **Introdução e avaliação de 19 leguminosas forrageiras em Campos dos Goytacazes - RJ**. 2002. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/site/_adm/upload/revista/26-E-2002_27.pdf. Acesso: 06 mar. 2012.
- DANTAS NETO et al. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim Buffel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1867-1874, set., 2000.
- DE SOUZA, C. M. **Recuperação de áreas degradadas em aterros sanitários**. 2007. 51p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- DEVER, S. A.; SWAEBRICK, G. E.; STUETZ, R. M. Passive drainage and biofiltration of landfill gas: Australian field trial. **Waste Management**, v.27, n.2, p.277-286, mar., 2007.
- DIFANTE et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.955-963, 2011.
- DOS SANTOS et al. Caracterização de pastagens de capins Tanzânia e Mombaça consorciados com estilosantes em ecótono de transição Cerrado: Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.163-173, jan.-mar., 2011
- EDVAN et al. Utilização da adubação orgânica em pastagens de capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Molopo). **Achivos de Zootecnia**, v.59, n.228, p.499-508, dez., 2010.
- EDVAN, R. L. **Caracterização do capim-buffel sob diferentes alturas de corte e de resíduo**. 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- EL-FADEL, M.; FINDIKAKIS, A. N.; LECKIE, J. O. Environmental impacts of solid waste landfilling. **Journal of Environmental Management**, v.50, n.1, p.1-25, mar., 1997.
- ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V. Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.32, n.1, p.119-134, mar., 2002.

EMPRESA DE LIMPEZA URBANA DE SALVADOR - LIMPURB. **Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos, no município de Salvador/BA**. Salvador: LIMPURB, 44p., 2010.

EMPRESA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - EMLURB. **Caracterização dos resíduos sólidos de Fortaleza/CE**. Fortaleza: EMLURB, 1997.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas-SP**. 2003. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

EUCLIDES et al. Avaliação dos capins Mombaça e Massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.18-26, 2008.

EUCLIDES, V. P. B. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, 43 p., 2003.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA. **Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2004**. Report 5/2004, Progress EU and its member states towards achieving their Kyoto targets: Luxembourg, 40p. 2004.

EVERALDO DOS SANTOS. **Carbono, Nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa, Antonina - PR**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal do Pará, Curitiba, 2007.

FERNANDES, J. G. **Estudo da emissão de biogás em um aterro sanitário experimental**. 2009. 116p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FERNANDO FERNANDES et al. Análise de impacto causado no meio físico pelo vazamento de resíduos sólidos de Londrina e medidas mitigadoras propostas. **Ciências Exatas/Tecnológicas**, v.16, n.4, p.574-580, dez. 1995.

FERRAZ et al. Remoção e recuperação da amônia liberada no pré-tratamento dos lixiviados de aterros sanitários por “air stripping”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

FIRMEZA, S. de M. **A Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza como fator determinante do seu potencial reciclável**. 2005. 118p. Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará, 2005.

FORMIGA et al. Valor nutritivo da vegetação herbácea de caatinga enriquecida e pastejada por ovinos e caprinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, p.403-415, abr/jun, 2011.

FRANCESCHET et al. Estudo dos solos utilizados para a impermeabilização da camada de base e de cobertura de aterros sanitários de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande, 2005.

FREITAS MAGALHÃES et al. Avaliação das características físicas do solo da camada da cobertura final como substrato para a revegetação de aterros sanitários - estudo de caso para o aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005.

GARCEZ NETO et al. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GARCEZ NETO, A. F. **Respostas morfogênicas e produção de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte.** 2001. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2001.

GEORGAKI et al. Evaluating the use of electrical resistivity imaging technique for improving CH₄ and CO₂ emission rate estimations in landfills. **Science of the total environment**. v.389, n.2-3, p.522-531, jan., 2008.

GERALDINI et al. Taxa de alongamento e de senescência de folhas de cinco genótipos de *Brachiaria* spp. em resposta a estratégias de desfolhação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 18., 2010, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2010.

GIORDANO et al. Tratamento do lixiviado do aterro metropolitado de Gramacho - Rio de Janeiro - Brasil. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún. **Anais...** Cancún, 2002.

GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O.; CARVALHO, R. J. **Processos físico-químicos para tratamento do lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbano.** Rio de Janeiro: COAMB/FEN/UERJ. Série Temática: Tecnologias Ambientais, v.4, 178p. 2011.

GOMES COSTA, M. C. **Apostila do curso de interpretação de análises de solo e recomendação de calagem e adubação no Estado de Roraima.** Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 82p., 2008.

GOMES et al. Trincheiras em série para disposição final de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JÚNIOR et al. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades** (coletânea de trabalhos técnicos), Rio de Janeiro: ABES/RiMa, Projeto PROSAB, 2002.

GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. Projeto, implantação e operação de aterros sustentáveis de resíduos sólidos urbanos para municípios de pequeno porte. In: CASTILHOS JÚNIOR et al. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, Projeto PROSAB, 2003.

GOMIDE, C. A. M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim Mombaça (*Panicum maximum* jacq.).** 2001. 75p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2001.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.341-348, 2000.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.795-803, 2003.

GUEDES, V. P. **Estudo do fluxo de gases através do solo de cobertura de aterro de resíduos sólidos urbanos**. 2007. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GURGEL, R. G. A. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS: “PRODUÇÃO, IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO”, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2003.

HAUSER, V. L.; WEAND, B. L.; GILL, M. D. **Alternative landfill covers**. 2001., 56p. Disponível em: <http://www.afcee.af.mil/shared/media/document/AFD-071203-177.PDF>. Acesso: 03 jan. 2012.

HEDGE, U.; CHAN, T.; YANG, S. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-ku landfill site in northern Taiwan. **Chemosphere**, v.52, n.8, p.1275-1285, sep., 2003.

HUSE, K. **Estudo da influência da adição de bentonita em um solo arenosiltoso para uso como cobertura de aterros**. 2007. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/FUNDAG, 279p., 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU/PR, 200p., 2001.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil Básico Municipal: Caucaia**. Fortaleza: Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG)/IPECE, 18p., 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT, 2., 2000.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION - ISWA. **Landfill operational guidelines**. Prepared by ISWA Working Group on Landfill, 2., 106p., 2010.

ISHIGAKI et al. Estimation and field measurement of methane emission from waste landfills in Hanoi, Vietnam. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v.10, n.2, p.165-172, mar., 2008.

IWAI, C. K. **Tratamento de lixiviado através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos**. 2005. 205p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2005.

IWAI, C. K.; HAMADA, J.; CASTILHO FILHO, G. S. Remoção da DQO do lixiviado através da percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M.T. et al. Avaliação de germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p.433-440, 1994.

JHA et al. Greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Indian mega-cities: a case study of Chennai landfill sites. **Chemosphere**, v.71, n.4, p.750-758, mar., 2008.

JINGURA, R. M.; MATENGAIFA, R. Optimisation of biogas production by anaerobic digestion for sustainable energy development in Zimbabwe. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, n.5, p.1116-1120, jun., 2009.

JOHANNESSEN, L. M. **Guidance note on recuperation of landfill gas from municipal solid waste landfills**. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK, Working Paper Series, Washington, D.C., 23p. 1999.

JOHNSON, E. **Correlation between methane concentration and - emission from old landfills in Sweden**. Thesis (Master Environmental Engineering). Sweden, Lund University, 71p. 2010. Disponível em: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1789646&fileOid=1789665>. Acesso: 16 set. 2011.

JORGE, F. N.; BAPTISTI, E.; GONÇALVES, A. Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental. In: RESID'2004, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

KJELDSEN, P.; FISCHER, E. V. Landfill gas migration - field investigations at skellingsted landfill, Denmark. **Waste Management**, v.13, n.5, p.467-484, sep., 1995.

KORHONEN, M. R.; DAHLBO H. **Reducing greenhouse gas emissions by recycling plastics and textiles into products**. Finnish Environment Institute/ Research Department. 62p. 2007. Disponível em: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74073>. Acesso: 31 dez. 2010.

LACERDA et al. Composição bromatológica e produtividade do capim *Andropogon* em diferentes idades de rebrota em sistema silvipastoril. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 2, p. 123-129, 2009.

LANA SOUSA, B. M. **Morfogênese e características estruturais dos capins *Andropogon* e *Xaraés* submetidos a três alturas de corte**. 2009. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

LANGE et al. Estudo comparativo de metodologias para análises físico-químicas de resíduos sólidos. In: CASTILHOS JÚNIOR et al. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos**

urbanos para pequenas comunidades (coletânea de trabalhos técnicos), Rio de Janeiro: ABES/RiMa, Projeto PROSAB, 2002.

LAUERMANN, A. **Caracterização química dos efluentes gerados pelo aterro controlado de Santa Maria e retenção de chumbo e zinco por um argissolo da depressão central do Rio Grande do Sul**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LAURETTI, R. S. Implantação de gramados por sementes. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS: “PRODUÇÃO, IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO”, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 2003.

LAURILA et al. Methane emissions from three different kinds of landfills measured by the micrometeorological eddy-covariance method. In: INTERCONTINENTAL LANDFILL RESEARCH SYMPOSIUM, 4., **Abstract...** Gällivare, Sweden, p.127. 2006.

LEAL et al. Características morfogênicas de capim Buffel cvs. Biloela e Pusa Giant adubado com fósforo no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011.

LEITE, G. J.; CORREIA, N. M.; BRAZ, L. T. Crescimento de grama-batatais (*Paspalum notatum*) em resposta a aplicação de produtos químicos utilizados como reguladores vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2010.

LESSA, E. R.; MOTA, F. B. S. Estudo da caracterização física dos resíduos sólidos com características domiciliar e comercial de Fortaleza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007.

LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de lixiviado**. 2002. 175p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

LIMA et al. Estudos comparativos de diferentes metodologias para determinação de umidade e sólidos voláteis aplicadas em resíduos sólidos urbanos. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais...** Vitória, 2002.

LIMA, M. W.; SURLIUGA, G. C. Análise das características do lixo domiciliar urbano do município do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2000.

LINS et al. Estudo quantitativo e qualitativo do lixiviado gerado em um aterro experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

LINS, E. A. M. **A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da Muribeca**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

LONDE, P. R.; BITAR, N. A. B. Importância do uso de vegetação para contenção e combate a erosão em taludes do lixão desativado no município de Patos de Minas (MG). **Perquirere**, v.8, n.2, p.224-249, dez. 2011.

LOPES DOS SANTOS, T. F. **Estudo experimental da camada de cobertura do aterro Morro do Céu, Niterói - RJ**. 2009. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

LOPES et al. Características morfogênicas do capim Massai submetido a adubação nitrogenada durante o crescimento de rebrotação. **Revista Ciencia Agronomica**, v.42, n.2, p.518-525, abr-jun, 2011.

_____. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim Massai adubado com cinco doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá, 2009.

LOPES, A. S.; GUIDOLIN, J. A. **Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos: Boletim Técnico nº2., 50p. 1987.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: Novais et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

LOPES, M. V. **Adubação nitrogenada em capim Massai: trocas gasosas, morfofisiologia e composição químico-bromatológica**. 2010. 156p. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LÚCIA LOPES et al. Camadas de cobertura metanotróficas como alternativas para gerenciamento de gases de efeito estufa em aterros sanitários. **Holos**, v.4, n.25, p.3-18, abr. 2010.

_____. Infiltração em camadas de cobertura de aterro sanitário no nordeste brasileiro In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão a soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p.415-422, abr. 2010.

MACIEL, F. J. **Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE**. 2003. 173p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

_____. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 234p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

MAGALHÃES, A. F. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso para o aterro sanitário de Belo Horizonte, MG.** 2005. 186p. Dissertação (Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MANHAGO, S. R. **Técnicas de revegetação de talude de aterro sanitário.** 2008. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MARCELINO, K. R. A. **Características morfológicas e estruturais e produção de forragem nos capins Manduru e Mombaça submetidos a diferentes intensidades e frequências de desfolhação.** 2004. 141p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MARIANO, M. O. H.; JUCÁ, J. F. T. Ensaio de campo para determinação de emissões de biogás em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos. Nota Técnica, **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.3, p.223-228, jul/set, 2010.

MARION, H.; PETER, L. Alternative approach to the elimination of greenhouse gases from old landfills. **Waste Management**, v.17, n.6, p.443-452, dec., 1999.

MARTUSCELLO et al. Características morfológicas e estruturais de capim Massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.

MARTUSCELLO et al. Morfogênese de capim Massai (*Panicum Maximum*) submetido a diferentes doses de nitrogênio "1". In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2004.

MATIAS et al. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. *Acta Scientiarum*, v.31, n.3, p.517-521, 2009.

McLENNAN, D. Aterros sanitários. **Revista JB Ecológico**. Rio de Janeiro: Jornal do Brasil. ano 2, n.17, 2003.

MEINERZ et al. Estudo de caso para recuperação paisagística do aterro sanitário de Toledo - PR. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009.

MERCEDES, S. S. P. **Perfil de geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte no ano de 1995.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1997.

MESQUITA et al. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim Mombaça, capim Marandu e capim *Andropogon* em vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.290-301, mar/abr, 2004.

_____. Teores críticos de fósforo no solo e características morfológicas de *Panicum maximum* cultivares Mombaça e Tanzânia-1 e *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de

fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p. 292-302 abr/jun, 2010.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.201-209, abr/jun, 2008.

MILKE, M. W.; HOLMAN, J.; KHIRE, M. Use of gas flux measurements to infer well capture effectiveness. In: INTERCONTINENTAL LANDFILL RESEARCH SYMPOSIUM., 4., Gällivare. **Abstract...** Gällivare, 2006.

MOCHEL FILHO, W. J. E. **Fluxo de biomassa, produção de forragem e composição químico-bromatológica do capim Mombaça sob adubação e irrigação**. 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MONTEIRO, V. E. D. **Análises física, química e biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca-PE**. 2003. 232p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MOREIRA et al. Potencial de produção de capim buffel na época seca no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, v.20, n.3, jul-set, p. 20-27, 2007.

MORUZZI MARQUES, A. C. **Aterros sanitários: estudo das técnicas construtivas e de parâmetros geotécnicos a partir de aterro experimental**. 2001. 345p. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOSHER, B. W.; CZEPIEL, P. M.; HARRISS, R. C. Methane emissions at nine landfill sites in the Northeastern United States. **Environmental Science & Technology**. v.33, n.12, p.2088-2094, may., 1999.

MOTTA, T. P.; PAULINO, V. T. Fluxo de tecidos em gramíneas tropicais e efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio na sua dinâmica. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.3, 14p., 2011.

MOURA DE OLIVEIRA, et al. Características morfogênicas de capim Buffel cvs. Áridus e CPATSA 7754 adubados com fósforo no semiárido pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011.

MOURA H. P.; MALAGUTTI FILHO, W. Métodos de eletrorresistividade e de polarização induzida aplicados na área de disposição de resíduos urbanos: aterro controlado de Rio Claro-SP. **Revista Brasileira de Geociências**, v.22, n.?, p.129-139, 2003.

MULLER et al. Correlações de Pearson e canônica entre componentes da matéria seca da forragem e sementes de azevém Características. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p.86-93, 2012.

NAGASHIMA et al. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, n.1, p.39-47, 2011.

NASCIMENTO DE OLIVEIRA, C. **Recuperação ambiental de aterros sanitários na região metropolitana de Campinas: revegetação e uso futuro**. 2004. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NAVA-MARTINEZ, E. C.; GARCIA-FLORES, E.; WAKIDA, F. T. Surface methane emission in a former dumpsite in Tijuana, México. **International Journal of Environmental Science Research**. v.5, n.3, p.621-626, jul., 2011.

NEIDE DE MAGALHÃES, D. **Elementos para o diagnóstico e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Dores de Campos-MG**. 2008. 60p. Monografia (Especialização em Análise Ambiental). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

NOZHEVNIKOVA et al. Emission of methane into the atmosphere from landfills in the former USSR. **Chemosphere**, v.26, n.1-4, p.401-417, jan-feb., 1993.

OLIVEIRA et al. Estudo de retenção de poluentes veiculados por lixiviados de aterros sanitários em solos argilosos. In: CASTILHOS JÚNIOR et al. **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades** (coletânea de trabalhos técnicos), Rio de Janeiro: ABES/RiMa, Projeto PROSAB, 2002.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n.3, p.211-217, jul/set, 2004.

PACHECO, J. R. **Estudo de certas potencialidades de processos oxidativos avançado para o tratamento de percolado de aterro sanitário**. 2004. 97p. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PARK et al. Effects of earthworm cast and powdered activated carbon on methane removal capacity of landfill cover soils. **Chemosphere**, v.70, n.6, p.1117-1123, aug., 2008.

PARK, J. W.; SHIN, H. C. Surface emission of landfill gas from solid waste landfill. **Atmospheric Environment**, v.35, p.3445-3451, 2001.

PEIXOTO FILHO et al. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos para município de pequeno porte: o estudo de caso de Dois Irmãos do Buriti-MS. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí - UFGB**, v.?, n.11, p.289-305, 2008.

PEREIRA et al. Projeto de revegetação do aterro sanitário da prefeitura municipal de Maricá. **Floresta e Ambiente**, v.6, n.1, p.163-169, jan./dez., 1999.

PESSIN et al. Concepção e implantação de células piloto de aterramento de resíduos sólidos. In: CASTILHOS JÚNIOR et al. (Coord.) **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades** (coletânea de trabalhos técnicos), Rio de Janeiro, ABES, RiMa, Projeto PROSAB, 94p. 2002.

PIEROBON, L. R. P. **Sistema de geração de energia de baixo custo utilizando biogás proveniente de aterro sanitário**. 2007. 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PIMENTEL et al. Parâmetros morfogênicos de gramíneas tropicais em diferentes estações de crescimento nas condições do semiárido mineiro. In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO DA UNIMONTES, 2., **Anais...** Montes Claros, 2008.

PIRES, J. A. C. **Estudo de barreira de proteção com solo compactado em célula experimental no aterro sanitário de Rio das Ostras-RJ**. 2007. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 285p., 2006.

POMPEU et al. Produção e acúmulo de forragem no dossel de capim Massai submetido a doses crescentes de adubação nitrogenada e pastejado por ovinos sob lotação intermitente. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 4., 2011, Lavras. **Anais...** Minas Gerais, 2011.

PORTO, E. M. V. **Morfogênese e rendimento forrageiro de cultivares de Cenchrus ciliaris L. submetidos a adubação nitrogenada**. 2009. 50p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, 2009.

PREDEBON, R. **Calagem na implantação e recuperação de pastagem de Tifton 85 em latossolo vermelho**. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2009.

PRIM et al. Aterros sanitários: estudos dos mecanismos de retenção de líquidos percolados em solos argilosos utilizados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville, 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo, Nobel, 547p., 2002.

QUADROS, D. G. **Rebrota de plantas forrageiras**. 2001. 36p. Trabalho de Conclusão de Disciplina (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

REAL, J. L. G. **Riscos ambientais em aterros de resíduos sólidos com ênfase na emissão de gases**. 2005. 183p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - RECESA. **Otimização de rotas para veículos coletores**. Guia do profissional em treinamento: nível 2. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, RECESA, 42p., 2009.

RIBEIRO JÚNIOR et al. Características agronômicas do capim Andropogon (*Andropogon gayanus*) colhido em quatro idades de corte. **Anais...** ZOOTEC, Águas de Lindóia, SP, 2009.

RITTER et al. Avaliação da permeabilidade da barreira de proteção da fundação do aterro sanitário de Piraí-RJ. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002. Vitória. **Anais...** Vitória, 2002.

- ROCHA, E. A. P. **Estudo de fatores sócio-econômicos intervenientes na geração e características do resíduo sólido doméstico da cidade de Vitória-ES**. 2005. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória, 2005.
- RODRIGO LIMA et al. Avaliação da regeneração natural para recuperação de área degradada por aterro sanitário na região centro-sul do Paraná. In: SEMANA DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 7., 2009, Irati. **Anais...** Irati, 2009.
- RODRIGUES PEREIRA, A. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte, 1. ed. 88p. 2006.
- ROECKER et al. Adubação nitrogenada em grama Jiggs. **Cultivando o Saber**, v.4, n.3, p.140-147, 2011.
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 26p., 2010.
- ROSA, B.; BORGES, A. J. S. Composição química e rendimento do capim Andropogon cv. Planaltina em diferentes idades de corte. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.17, n.1., p.49-58, jan/dez, 1987.
- SAMUELSSON et al. **The Swedish landfill methane emission project**. 2001. 10p. Disponível em: <http://www.fluxsense.se/reports/Sardinia2001paper.pdf>. Acesso: 01 jan. 2011.
- SANTOS, G. O.; MOTA, F. B. S. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza/CE dispostos no aterro sanitário de Caucaia/CE. **Revista Tecnologia**, v.31, n.1, p.39-50, jun., 2010.
- SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Características morfogenéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim Mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p. 843-851, 2004.
- SÃO CARLOS, PREFEITURA MUNICIPAL DE. **Projeto básico do aterro sanitário e estimativa de custos para sua implantação**. São Carlos: Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos/Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial, 17p., 2008.
- SCHEFFER-BASSO et al. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1940-1946, 2008.
- SCHEUTZ et al. Atmospheric emissions and attenuation of non-methane organic compounds in cover soils at a French landfill. **Waste Management**, v.28, n.11, p.1892-1908, nov., 2008.
- SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Nível de suficiência e índice de equivalência entre o fósforo determinado pelos métodos da resina de troca iônica e Mehlich-1. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.2, p.299-306, 2008.
- SCHUELER, A. S.; MAHLER, C. Avaliação de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.?, n.13, p.18-25, ago., 2009.

- SILVA, M. C.; SANTOS, G. O. Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010, Maceió. **Anais...** Maceió, 2010b.
- SOARES et al. Estudo da camada de cobertura final de aterro sanitário com enfoque na oxidação do gás metano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.
- SOARES FILHO et al. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.24, n.5, p.1377-1384, 2002.
- SOMBRA et al. Características estruturais do capim Massai submetido a níveis crescentes de nitrogênio durante o estabelecimento. In: CONGRESSO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 3., 2009, Lavras. **Anais...** Minas Gerais, 2009.
- SORDI et al. Estoque de carbono do solo, sob diferentes sistemas de uso da terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2009.
- SOUSA MOREIRA et al. Características morfogênicas de seis cultivares de capim Buffel na região semi árida. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador, 2010.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. **Encarte Técnico de Informações Agrônomicas**, n.102, 16p., jun., 2003.
- SOUZA, L. F. **Codisposição de resíduos sólidos de serviços de saúde com resíduos sólidos urbanos**. 2003. 306p. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- STERN et al. Use of a biologically active cover to reduce landfill methane emissions and enhance methane oxidation. **Waste Management**, v.27, n.9, p.1248-1258, sep., 2007.
- TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Caracterização e classificação dos resíduos sólidos urbanos do município de Pato Branco. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.?, n.4, p.23-33, ago., 2006.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THESSSEN, H., VIGIL, S. A. Composicion y características, generacion, movimiento y control de los gases de vertedoro. **Gestion Integral de Resíduos Sólidos**, v.1, Mc Graw Hill., 1994.
- TEIXEIRA, G. P.; FRANÇA, R. de A.; LACERDA, G; B. M. Metodologia de operação de aterro sanitário no município de Juiz de Fora (MG). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 8., 2006, São Luis. **Anais...** São Luis, 2006.
- THEMELIS, N. J.; ULLOA, P. A. Methane generation in landfills. **Renewable Energy**, v.32, n.7, p.1243-1257, aug., 2007.
- TINOCO et al. Características morfológicas e crescimento do capim Mombaça submetido a diferentes alturas de corte, sob irrigação. **Revista Verde**, v.4, n.1, p.114-119, jan./mar., 2009.

TOZETTO, C. M. **Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado**: estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba. 2008. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TRINDADE, J. P. P.; ROCHA, M. G. Rebrotamento de capim caninha (*Andropogon lateralist* Nees) sob o efeito do fogo. **Ciencia Rural**, v.31, n.6, p.1057-1061, 2001.

TSATSARELIS, T.; KARAGIANNIDIS, A. Estimation of future methane production from Hellenic landfills. **Global NEST Journal**, v.11, n.2, p.162-171, dec., 2009.

UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS - USACE. **Landfill off-gas collection and treatment systems**. Washington, D.C., USACE, 2008. 15p. Disponível em: <http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-4016/entire.pdf>. Acesso: 25 set. 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Remediation Technologies Development Forum**. San Francisco, USEPA, 1999. Disponível em: <http://www.rtdf.org/public/phyto/minutes/altcov/acap/summary.htm>. Acesso: 14 mar. 2012.

_____. **Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities**. Office of Research and Development, Washington, D.C., USEPA. 2005. 86p. Disponível em: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r05123/600r05123.pdf>. Acesso: 24 set. 2011.

_____. **Landfill gas modeling**. LFG Energy Project Development Handbook, Washington, D.C., USEPA. 2009. 101p. Disponível em: http://epa.gov/lmop/documents/pdfs/pdh_chapter1.pdf. Acesso: 24 set. 2011.

_____. **Planting native vegetation on landfill caps and formerly contaminated waste sites in the mid Atlantic**. USEPA. 2010. 9p. Disponível em: http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/eco/restoration/Planting_Native_Vegetation_at_Formerly_Contaminated_Waste_Sites.pdf. Acesso: 24 jan. 2012.

_____. **Revegetating landfills and waste containment areas fact sheet**. Washington, D.C., USEPA/Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. 2006. 12p. Disponível em: http://www.epa.gov/tio/download/remed/revegetating_fact_sheet.pdf. Acesso: 08 set. 2011.

VALIM PEREIRA, V. **Características morfogênicas e estruturais e acúmulo de biomassa em capim Mombaça sub diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas**. 2009. 110p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VANZELA et al. Qualidade de forragem de capim Mombaça sob irrigação na região oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2006.

VASCONCELOS et al. Valor nutritivo de silagens de capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) colhido em função de idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.874-884, out/dez, 2009.

VENTURIERI, A. V. **A utilização de ferramentas numérica para a modelagem do fluxo dos contaminantes no subsolo do lixão do Aurá (PA)**. 2001. 43p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade da Amazônia, Belém, 2001.

VERAS et al. Produção de biomassa e estrutura do pasto de capim *Andropogon* em sistema silvipastoril e monocultura. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.200-207, 2010.

VERAS, V. S. **Pastagem de capim *Andropogon* em sistema silvipastoril e monocultura**. 2007. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.

VICTOR DOS SANTOS, L. **Estudo da influência de uma bentonita em um solo residual para uso como camada selante**. 2008. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

VIEIRA DA SILVA et al. Produção e taxa de ingestão de caprinos em pastagem de capim *Andropogon* em monocultura e consorciado com estilosantes. In: SEMINÁRIO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 2., 2010, Universidade Federal do Piauí, Teresina. **Anais...** Teresina, 2010.

VIEIRA DOS SANTOS, P. C. **Estudo da degradação e dos recalques em células experimentais de resíduos sólidos no aterro do Jockey Club/DF**. 2004. 227p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

VOLPE et al. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim *Massai* com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.228-237, 2008.

VOLPE, E. **Saturação por bases, fósforo e nitrogênio no estabelecimento e manutenção de capim *Massai***. 2006. 125p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2006.

VOLPE-FILIK et al. Criação de parques urbanos em aterros sanitários desativados - estudo do aterro Sapopemba - SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.3, p.80-87, 2007.

WANG-YAO et al. Seasonal variation of landfill methane emission from seven solid waste disposal sites in central Thailand. In: JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENERGY AND ENVIRONMENT, 2., 2006. **Abstract...** Bangkok, Thailand, 2006.

XU, Q.; TOWNSEND, T.; REINHART, D. Attenuation of hydrogen sulfide at construction and demolition debris landfills using alternative cover materials. **Waste Management**, v.30, n.4, p.660-666, apr., 2010.

ZHANG, H.; HE, P.; SHAO, L. Methane emissions from MSW landfill with sandy soil covers under leachate recirculation and subsurface irrigation. **Atmospheric Environment**, v.42, n.22, p. 5579-5588, jul., 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Lista dos veículos coletores que destinaram resíduos para a CE

Nº do Veículo	Peso Líquido (kg)	Nº do Veículo	Peso Líquido (kg)
1	8.760	46	8.210
2	8.980	47	8.510
3	8.480	48	8.280
4	8.560	49	8.680
5	8.800	50	9.180
6	8.210	TOTAL	439.850 (~ 440 Ton.)
7	8.510		
8	8.780		
9	8.680		
10	8.480		
11	8.870		
12	9.570		
13	9.610		
14	9.150		
15	9.130		
16	9.500		
17	9.170		
18	9.460		
19	8.700		
20	8.420		
21	8.470		
22	8.390		
23	8.760		
24	8.310		
25	9.120		
26	8.940		
27	9.190		
28	9.250		
29	8.560		
30	8.500		
31	9.110		
32	8.510		
33	8.280		
34	8.980		
35	8.480		
36	8.870		
37	9.570		
38	9.610		
39	8.470		
40	8.390		
41	8.480		
42	8.280		
43	8.740		
44	8.960		
45	8.950		

APÊNDICE B - Resultados das análises laboratoriais das amostras da água utilizada na irrigação

Variável	Unidade	Data da Coleta		
		19/10/2011	07/02/2012	12/06/2012
pH	-	6,5	7,0	6,8
Cor aparente	uH	195	184	145
Turbidez	uT	20,4	19,0	15,8
Condutividade	µS/cm	365,0	343,2	308,7
Sólidos Totais	mg/L	248,2	211,1	198,9
Sólidos Voláteis		13,0	12,1	14,1
Amônia		2,63	2,00	2,11
Nitrito		0,24	0,15	0,32
Nitrato		1,79	1,05	1,78
Fósforo total		< 0,01	< 0,01	< 0,01
DQO		63,0	56,8	60,1
Ferro total		4,01	3,74	4,00
Alcanilidade total		65,3	60,2	70,0

APÊNDICE C - Dados obtidos na determinação da densidade aparente dos resíduos sólidos

Nº do procedimento	Densidade aparente (kg/m³)	Nº do procedimento	Densidade aparente
1	205	46	189
2	210	47	189
3	185	48	199
4	182	49	198
5	182	50	195
6	182	51	191
7	197	52	179
8	174	53	168
9	181	54	189
10	197	55	189
11	182	56	186
12	200	57	185
13	153	58	200
14	173	59	155
15	179	60	190
16	164	61	160
17	180	62	190
18	219	63	200
19	173	64	153
20	218	65	173
21	193	66	179
22	210	67	164
23	223	68	180
24	185	69	219
25	178	70	195
26	176	71	173
27	196	72	218
28	205	73	193
29	216	74	210
30	200	75	178
31	192	76	176
32	173	77	196
33	200	78	205
34	220	79	205
35	147	80	210
36	150	81	185
37	205	82	182
38	200	83	200
39	185	84	153
40	190	85	173
41	195	86	179
42	175	87	164
43	184	88	219
44	182	89	173
45	183	90	218
Volume do tambor: 0,1m ³ .			

APÊNDICE D1 - Concentração dos gases no dreno central no 1º dia pela manhã

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
1º dia	manhã	5	7,8	10,6	13,5	18,1	10,8	8,9	67,9	62,4
		10	8,1	10,0	14,1	17,2	10,5	8,0	67,3	64,8
		15	6,9	9,9	13,8	17,8	11,0	8,0	68,3	64,3
		20	7,3	11,0	13,6	18,6	11,0	8,6	68,1	61,8
		25	7,9	9,8	14,2	17,3	11,0	9,6	66,9	63,3
		30	8,1	11,1	13,8	18,6	11,5	9,8	66,6	60,5
		35	7,3	10,3	13,9	18,9	10,6	8,9	68,2	61,9
		40	9,1	10,3	12,9	19,5	11,0	9,3	67,0	60,9
		45	8,1	11,3	14,1	18,1	12,0	9,6	65,8	61,0
		50	7,4	12,0	14,1	18,1	12,1	8,0	66,4	61,9
		55	7,2	13,0	12,7	19,6	12,1	8,6	68,0	58,8
		60	7,0	12,5	13,9	17,9	11,7	9,7	67,4	59,9
		65	7,9	10,9	13,8	17,8	11,3	9,4	67,0	61,9
		70	9,9	10,9	13,7	17,7	11,3	10,0	65,1	61,4
		75	8,3	11,3	14,4	18,4	11,6	10,2	65,7	60,1
		80	7,9	10,9	15,3	17,9	11,3	9,9	65,6	61,3
		85	7,7	10,7	14,3	18,3	11,5	8,5	66,5	62,5
		90	8,1	11,1	13,2	19,0	12,0	8,0	66,7	61,9
		95	8,5	12,0	14,1	19,2	10,3	8,9	67,1	59,9
		100	9,1	13,0	13,9	19,6	11,0	9,6	66,0	57,8
		105	8,3	13,1	14,3	21,0	10,8	9,1	66,6	56,8
		110	8,9	11,9	14,1	21,0	10,9	10,2	66,1	56,9
		115	7,3	12,0	13,7	22,0	10,8	10,1	68,2	55,9
		120	7,8	10,0	14,8	18,8	10,8	7,9	66,6	63,3
		125	8,1	10,0	15,1	19,1	11,1	9,0	65,7	61,9
		130	8,3	11,3	14,1	18,1	12,0	9,9	65,6	60,7
		135	8,1	11,1	14,7	19,0	10,5	8,4	66,8	61,5
		140	7,8	12,3	15,1	19,3	10,6	8,5	66,5	59,9
		145	8,4	12,9	13,2	19,6	10,9	8,8	67,5	58,7
		150	9,4	13,2	14,3	19,6	11,0	9,9	65,3	57,3
155	8,1	11,9	14,1	19,8	12,0	9,4	65,8	58,9		
160	8,3	12,6	15,1	19,1	11,8	10,1	64,8	58,2		
165	7,9	12,6	14,1	19,6	11,0	9,3	67,0	58,5		
170	9,3	13,0	13,7	21,0	11,0	9,3	66,0	56,7		
175	9,1	14,0	14,1	21,0	10,9	9,2	65,9	55,8		
180	7,9	13,6	15,1	18,0	11,5	8,0	65,5	60,4		

APÊNDICE D2 - Concentração dos gases no dreno central no 1º dia pela tarde

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
1º dia	tarde	5	8,0	12,0	14,5	17,2	11,5	9,1	66,0	61,7
		10	8,3	11,5	14,1	17,9	11,5	9,3	66,1	61,3
		15	6,9	10,1	14,1	18,2	10,9	9,6	68,1	62,1
		20	6,1	12,0	13,1	19,0	10,9	9,0	69,9	60,0
		25	6,3	12,0	13,3	19,1	11,1	8,8	69,4	60,1
		30	7,5	13,0	13,6	18,5	11,2	8,5	67,7	60,0
		35	6,5	12,3	14,1	17,3	11,4	8,7	68,0	61,7
		40	7,4	10,3	14,4	17,6	10,6	8,0	67,6	64,1
		45	8,3	11,3	13,7	16,9	10,4	7,9	67,6	63,9
		50	8,1	11,0	14,1	18,6	12,1	9,4	65,7	61,0
		55	7,1	12,3	14,5	19,0	12,1	9,6	66,3	59,1
		60	7,5	13,2	14,1	19,1	11,7	9,1	66,7	58,6
		65	7,1	9,9	14,1	19,0	10,8	8,6	68,0	62,5
		70	7,1	9,9	15,1	17,6	11,2	8,2	66,6	64,3
		75	7,5	9,5	15,3	18,3	10,8	8,0	66,4	64,2
		80	8,1	10,2	16,1	19,3	9,9	9,0	65,9	61,5
		85	8,3	11,6	15,1	18,0	10,5	9,2	66,1	61,2
		90	8,4	10,6	14,9	19,0	10,5	9,3	66,2	61,1
		95	8,1	11,1	15,4	19,6	11,0	8,0	65,5	61,3
		100	7,1	10,1	15,1	19,7	12,0	7,6	65,8	62,6
		105	7,9	10,9	14,9	19,0	12,0	10,0	65,2	60,1
		110	7,1	10,9	15,8	19,0	11,7	9,9	65,4	60,2
		115	8,1	11,6	15,1	18,3	12,0	10,0	64,8	60,1
		120	7,9	12,0	14,2	17,4	10,8	8,8	67,1	61,8
		125	7,1	12,0	14,1	19,4	11,1	8,6	67,7	60,0
		130	8,1	10,9	15,4	19,5	10,5	7,6	66,0	62,0
		135	8,1	10,9	15,6	20,0	10,5	7,5	65,9	61,6
		140	7,5	12,3	15,5	20,1	10,6	8,0	66,4	59,6
		145	7,2	13,0	14,2	17,4	10,9	8,1	67,7	61,5
		150	7,6	13,0	13,8	20,0	10,5	8,2	68,2	58,8
155	7,2	12,6	14,2	17,4	10,9	8,0	67,7	62,0		
160	7,4	12,0	14,5	17,7	11,5	7,5	66,6	62,8		
165	8,1	10,9	14,7	18,6	12,0	7,3	65,2	63,2		
170	7,3	10,1	14,9	18,4	12,1	7,6	65,7	63,9		
175	8,1	11,0	14,8	19,6	10,9	8,0	66,2	61,4		
180	8,1	12,0	15,7	20,0	10,9	8,3	65,3	59,7		

APÊNDICE D3 - Concentração dos gases no dreno central no 2º dia pela manhã

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
2º dia	manhã	5	7,7	10,9	14,0	20,0	12,1	7,5	66,2	61,6
		10	8,5	12,3	15,1	20,1	11,5	7,3	64,9	60,3
		15	9,4	11,0	13,3	17,4	11,2	7,6	66,1	64,0
		20	9,0	13,0	13,9	20,0	11,2	8,0	65,9	59,0
		25	8,7	12,6	12,7	19,5	10,7	8,3	67,9	59,6
		30	7,5	12,0	14,1	19,5	10,4	9,7	68,0	58,8
		35	6,5	12,6	13,7	17,7	10,4	9,4	69,4	60,4
		40	7,9	12,0	13,1	17,1	10,6	8,0	68,4	62,9
		45	9,0	11,0	14,1	19,6	10,4	8,0	66,5	61,4
		50	8,4	12,0	14,3	18,3	11,7	9,9	65,6	59,8
		55	7,1	10,1	14,5	18,5	10,8	8,5	67,6	62,9
		60	7,9	12,0	14,1	18,1	10,8	8,0	67,2	61,9
		65	7,3	13,0	15,3	19,3	11,5	8,9	65,9	58,8
		70	8,1	13,1	14,0	17,9	11,5	9,6	66,4	59,4
		75	9,0	12,0	15,3	19,0	11,1	9,3	64,7	59,7
		80	9,5	12,0	15,0	19,3	11,4	9,3	64,1	59,4
		85	9,7	11,5	16,0	19,6	11,7	9,2	62,6	59,7
		90	9,0	12,5	16,5	19,6	11,1	8,0	63,4	59,9
		95	7,1	13,0	14,1	19,8	11,5	9,1	67,3	58,1
		100	8,0	11,0	14,3	18,3	11,2	9,3	66,5	61,4
		105	7,6	11,3	13,3	18,1	11,5	7,5	67,6	63,1
		110	7,4	12,0	14,1	17,2	11,1	8,0	67,5	62,8
		115	8,7	13,0	14,2	18,2	11,2	8,1	65,9	60,7
		120	9,5	12,5	14,1	18,6	10,6	8,2	65,8	60,7
		125	9,7	12,7	14,3	17,3	11,0	8,0	65,0	62,0
		130	8,0	10,9	13,0	17,4	11,5	7,5	67,5	64,2
		135	8,0	11,0	15,4	19,4	12,5	8,5	64,1	61,1
		140	8,0	13,0	15,1	19,5	12,1	8,0	64,9	59,5
		145	8,0	13,1	14,3	20,0	12,2	8,9	65,5	58,0
		150	7,6	10,6	14,1	20,1	12,5	9,6	65,8	59,7
155	8,1	12,0	14,7	19,6	12,3	9,1	65,0	59,3		
160	7,2	12,6	16,0	20,0	12,4	10,2	64,4	57,2		
165	9,0	12,6	17,0	20,0	11,8	8,2	62,2	59,2		
170	8,1	13,0	15,2	20,1	11,9	8,0	64,8	58,9		
175	8,4	14,0	15,1	17,4	11,8	9,0	64,7	59,6		
180	8,6	13,6	15,1	20,0	11,8	9,2	64,5	57,2		

APÊNDICE D4 - Concentração dos gases no dreno central no 2º dia pela tarde

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
2º dia	tarde	5	9,0	12,0	15,0	19,5	10,0	9,3	66,0	59,2
		10	9,5	11,5	13,0	19,6	10,2	8,0	67,3	60,9
		15	7,5	10,1	12,0	21,0	10,4	7,6	70,1	61,3
		20	7,3	12,0	13,6	21,0	11,8	10,0	67,3	57,0
		25	9,0	12,5	14,4	22,0	11,0	9,3	65,6	56,2
		30	8,8	11,8	13,7	17,7	11,0	9,6	66,5	60,9
		35	7,7	10,9	14,3	18,3	11,0	8,0	67,0	62,8
		40	7,5	10,5	14,5	18,5	11,2	8,6	66,8	62,4
		45	7,5	13,0	15,0	19,0	10,2	9,7	67,3	58,3
		50	8,5	13,1	16,0	19,3	12,4	9,4	63,1	58,2
		55	9,0	12,0	15,1	19,6	11,7	8,3	64,2	60,1
		60	7,7	12,0	14,9	19,6	11,5	7,5	65,9	60,9
		65	8,0	12,6	14,5	19,8	11,7	7,3	65,8	60,3
		70	9,0	11,3	14,1	17,2	11,6	7,6	65,3	63,9
		75	10,0	11,0	13,8	17,8	11,3	8,0	65,0	63,2
		80	7,6	12,3	13,1	18,6	10,8	8,3	68,5	60,8
		85	7,6	13,2	14,1	17,3	11,7	8,9	66,6	60,6
		90	8,3	9,9	14,0	17,4	11,3	9,6	66,5	63,1
		95	9,2	9,9	16,0	19,4	11,0	8,3	63,8	62,4
		100	9,1	9,5	16,7	19,5	11,3	7,5	62,9	63,5
		105	8,3	10,2	15,3	20,0	10,7	7,3	65,7	62,5
		110	7,8	11,6	16,1	20,0	11,1	7,6	65,0	60,8
		115	8,3	10,6	16,0	20,0	11,0	8,0	64,7	61,4
		120	7,7	11,1	14,9	20,1	11,0	8,3	66,4	60,5
		125	9,0	10,1	14,3	17,4	11,3	8,5	65,4	64,0
		130	9,3	12,3	14,4	20,0	12,0	8,0	64,3	59,7
		135	8,3	11,3	14,9	19,5	13,0	8,9	63,8	60,3
		140	8,0	11,0	14,5	19,5	10,8	9,6	66,7	59,9
		145	8,3	11,3	13,0	17,0	11,0	7,5	67,7	64,2
		150	9,0	12,0	13,0	19,1	10,7	8,0	67,4	60,9
155	8,3	13,0	14,7	18,5	10,2	8,1	66,8	60,4		
160	8,7	13,1	15,6	17,3	10,0	8,2	65,7	61,4		
165	7,0	10,0	16,0	17,6	11,0	8,0	66,0	64,4		
170	7,0	12,0	16,0	16,9	11,0	7,5	66,0	63,6		
175	9,0	10,0	16,7	18,6	12,0	8,5	62,3	62,9		
180	8,2	11,2	16,0	19,0	10,7	8,0	65,2	61,8		

APÊNDICE D5 - Concentração dos gases no dreno central no 3º dia pela manhã

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
3º dia	manhã	5	8,1	12,0	14,1	19,1	11,5	8,9	66,3	60,0
		10	9,0	10,0	14,8	19,0	11,5	9,6	64,7	61,4
		15	8,4	10,0	15,0	17,6	10,9	9,1	65,7	63,3
		20	9,3	12,3	14,1	18,3	10,9	9,3	65,7	60,1
		25	6,5	9,5	13,9	20,1	11,1	9,3	68,6	61,1
		30	7,5	12,3	13,5	17,4	11,2	9,2	67,8	61,1
		35	8,1	12,9	15,0	20,0	11,4	8,0	65,5	59,1
		40	7,9	13,2	14,4	19,5	10,6	9,1	67,1	58,2
		45	7,9	11,9	15,4	19,6	10,4	9,3	66,3	59,2
		50	8,1	12,6	15,8	21,0	12,1	9,6	64,0	56,8
		55	7,1	12,6	14,1	21,0	12,3	9,0	66,5	57,4
		60	7,5	13,0	14,6	22,0	11,7	8,8	66,2	56,2
		65	8,1	14,0	14,7	18,7	10,8	8,5	66,4	58,8
		70	7,9	13,6	15,1	19,1	11,2	10,0	65,8	57,3
		75	8,1	12,0	14,7	19,6	10,8	9,3	66,4	59,1
		80	9,3	11,5	14,6	18,6	9,9	9,6	66,2	60,3
		85	7,3	10,1	15,8	19,8	10,5	8,0	66,4	62,1
		90	8,1	12,0	15,9	19,9	11,0	8,6	65,0	59,5
		95	8,5	12,0	16,1	20,1	12,0	9,7	63,4	58,2
		100	8,1	13,0	16,4	17,9	12,6	9,4	62,9	59,7
		105	6,1	12,3	15,3	19,0	13,0	8,3	65,6	60,4
		110	7,9	10,3	16,1	19,3	13,0	7,5	63,0	62,9
		115	9,3	11,3	15,3	19,3	12,0	8,0	63,4	61,4
		120	8,1	11,0	15,0	19,0	11,9	8,9	65,0	61,1
		125	7,1	12,3	15,4	19,2	11,9	9,6	65,6	58,9
		130	7,9	13,2	15,4	19,6	12,2	9,3	64,5	57,9
		135	8,1	9,9	16,1	21,0	11,6	9,3	64,2	59,8
		140	8,1	11,6	14,8	21,0	11,6	9,2	65,6	58,2
		145	8,5	10,6	15,6	22,0	12,1	8,0	63,8	59,4
		150	8,1	11,1	16,1	20,1	12,4	9,1	63,4	59,7
155	8,7	10,1	14,9	18,9	13,0	9,3	63,4	61,7		
160	8,1	11,1	16,5	20,5	13,6	7,5	61,8	60,9		
165	9,4	12,4	16,5	19,0	12,0	9,3	62,2	59,3		
170	8,0	11,0	17,0	19,3	12,0	9,6	63,0	60,1		
175	8,1	11,1	16,6	19,6	12,4	8,0	62,9	61,3		
180	8,7	11,7	15,1	17,2	12,0	8,6	64,2	62,5		

APÊNDICE D6 - Concentração dos gases no dreno central no 3º dia pela tarde

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
3º dia	tarde	5	8,1	11,1	14,3	18,3	12,3	9,7	65,3	60,9
		10	7,6	10,6	14,1	18,6	11,8	8,6	66,6	62,2
		15	8,0	11,0	15,8	17,3	11,9	8,2	64,3	63,5
		20	6,1	12,0	15,1	17,4	11,3	8,0	67,5	62,6
		25	9,0	13,0	14,8	19,4	11,0	9,0	65,2	58,6
		30	8,1	13,1	14,9	19,5	10,4	9,2	66,6	58,2
		35	9,0	12,0	15,1	20,0	11,3	9,3	64,6	58,7
		40	7,0	12,0	14,7	20,0	11,9	8,0	66,4	60,0
		45	8,3	10,0	15,3	20,0	11,4	7,6	65,0	62,4
		50	8,1	10,0	15,7	20,1	11,2	10,0	65,0	59,9
		55	7,1	13,0	16,1	17,4	11,4	9,9	65,4	59,7
		60	6,5	13,1	15,9	20,0	10,5	10,0	67,1	56,9
		65	7,1	10,1	16,1	19,5	10,4	8,8	66,4	61,6
		70	8,1	12,0	16,3	19,5	10,0	8,6	65,6	59,9
		75	8,7	10,0	15,5	19,5	13,1	7,6	62,7	62,9
		80	8,1	11,1	15,7	19,1	11,7	7,5	64,5	62,3
		85	8,3	12,0	16,1	18,5	11,9	8,0	63,7	61,5
		90	9,3	10,0	14,3	17,3	11,7	9,3	64,7	63,4
		95	8,1	10,0	14,9	17,6	11,4	8,0	65,6	64,4
		100	9,3	12,3	14,5	16,9	11,6	7,6	64,7	63,2
		105	9,7	12,7	14,1	18,6	12,0	10,0	64,2	58,7
		110	9,1	12,3	15,3	19,0	11,1	9,3	64,5	59,4
		115	8,0	12,9	15,4	19,1	12,4	9,6	64,2	58,4
		120	6,7	13,2	15,6	19,0	11,0	8,0	66,7	59,8
		125	7,1	11,9	16,1	17,6	11,3	8,6	65,5	61,9
		130	6,1	12,6	15,2	18,3	10,7	9,7	68,0	59,4
		135	8,1	12,6	15,3	19,6	10,7	9,4	66,0	58,4
		140	8,0	13,0	15,1	19,7	11,1	8,3	65,8	59,0
		145	8,3	14,0	15,8	19,0	12,4	7,5	63,5	59,5
		150	8,8	13,6	15,1	19,0	12,4	7,3	63,7	60,1
155	9,0	12,6	14,1	18,3	12,8	7,6	64,1	61,5		
160	9,4	13,0	14,1	17,4	12,7	8,0	63,8	61,6		
165	8,7	14,0	13,6	19,4	12,5	8,3	65,2	58,3		
170	9,2	13,6	15,4	19,5	12,5	8,9	62,9	58,0		
175	9,5	12,0	15,1	20,0	12,5	9,6	62,9	58,4		
180	9,3	11,5	15,4	20,1	12,4	8,3	62,9	60,1		

APÊNDICE D7 - Concentração dos gases no dreno central no 4º dia pela manhã

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
4º dia	manhã	5	8,1	10,1	14,1	17,4	11,5	7,5	66,3	65,0
		10	7,3	12,0	14,3	20,0	11,5	7,3	66,9	60,7
		15	9,0	12,5	15,1	17,4	10,9	7,6	65,0	62,5
		20	8,1	11,1	15,6	17,7	10,9	8,0	65,4	63,2
		25	8,0	10,9	14,1	20,0	11,1	8,0	66,9	61,1
		30	7,5	10,5	14,7	20,0	11,2	8,6	66,6	60,9
		35	7,3	10,0	15,0	20,0	11,5	9,7	66,2	60,3
		40	6,1	9,9	15,1	20,1	10,6	9,4	68,2	60,6
		45	8,0	11,0	16,1	17,4	12,4	8,3	63,5	63,3
		50	8,1	9,8	15,3	20,0	12,2	7,5	64,4	62,7
		55	7,7	10,0	16,0	19,5	11,7	8,0	64,6	62,5
		60	7,5	10,0	15,1	19,5	11,7	8,9	65,7	61,6
		65	8,1	13,0	15,5	19,5	10,8	9,6	65,6	57,9
		70	8,5	13,1	14,9	19,1	11,2	9,3	65,4	58,5
		75	8,1	11,1	16,1	18,5	10,8	9,3	65,0	61,1
		80	6,9	12,0	15,8	17,3	9,9	9,2	67,4	61,5
		85	7,5	10,0	15,0	17,6	9,0	8,0	68,5	64,4
		90	6,1	10,0	15,0	16,9	9,9	9,1	69,0	64,0
		95	6,3	12,0	14,0	18,6	10,8	9,3	68,9	60,1
		100	8,1	13,0	15,9	19,0	10,8	7,5	65,2	60,5
		105	8,8	13,1	16,1	19,1	10,4	9,3	64,8	58,5
		110	8,0	11,5	15,7	19,0	10,4	9,6	65,9	59,9
		115	8,0	12,0	15,1	17,6	11,2	8,0	65,7	62,4
		120	8,1	10,0	15,0	18,3	12,0	8,6	64,9	63,1
		125	7,0	10,0	14,6	20,1	11,1	9,7	67,3	60,2
		130	7,9	10,3	15,7	17,4	11,4	8,6	65,0	63,7
		135	8,1	11,3	14,1	20,0	10,8	8,2	67,0	60,5
		140	9,1	12,0	14,0	19,5	11,9	8,0	65,0	60,5
		145	8,5	11,5	14,3	19,6	12,5	9,0	64,7	59,9
		150	8,1	12,0	14,1	21,0	11,4	9,2	66,4	57,8
155	8,7	13,0	14,1	21,0	11,4	9,6	65,8	56,4		
160	8,7	13,1	15,7	22,0	11,0	8,0	64,6	56,9		
165	8,1	11,1	16,1	20,1	12,0	8,6	63,8	60,2		
170	8,5	12,0	14,4	18,4	11,0	9,7	66,1	59,9		
175	7,0	11,5	14,4	19,6	11,4	9,4	67,2	59,5		
180	7,0	12,5	15,5	19,5	11,0	9,4	66,5	58,6		

APÊNDICE D8 - Concentração dos gases no dreno central no 4º dia pela tarde

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
4º dia	tarde	5	7,4	13,0	13,3	17,3	12,0	9,6	67,3	60,1
		10	7,1	10,1	14,1	18,1	11,0	7,5	67,9	64,3
		15	6,1	11,3	14,1	18,1	11,1	8,0	68,7	62,6
		20	7,3	12,0	13,1	17,9	10,5	8,1	69,1	62,0
		25	7,1	12,9	13,2	19,0	10,2	8,2	69,5	59,9
		30	6,1	13,2	13,5	19,3	9,6	8,0	70,8	59,5
		35	8,1	11,9	13,1	17,1	10,5	7,5	68,3	63,5
		40	6,9	12,6	14,1	19,0	10,1	8,5	68,9	59,9
		45	6,9	12,6	15,0	19,2	12,0	8,0	66,1	60,2
		50	7,3	13,0	16,0	19,6	12,4	8,9	64,3	58,5
		55	7,3	14,0	16,3	21,0	12,6	9,6	63,8	55,4
		60	6,7	13,6	15,0	21,0	11,7	9,1	66,6	56,3
		65	6,9	12,0	14,8	22,0	11,6	9,3	66,7	56,7
		70	7,1	11,5	14,1	18,1	11,2	9,3	67,6	61,1
		75	7,3	10,1	14,5	18,5	12,1	9,2	66,1	62,2
		80	6,0	12,0	14,1	18,1	12,2	8,0	67,8	61,9
		85	8,0	12,0	14,1	19,0	11,9	9,1	66,0	59,9
		90	8,1	13,0	13,6	19,3	11,7	9,3	66,6	58,4
		95	8,3	12,3	12,9	19,6	11,4	9,6	67,4	58,5
		100	7,1	10,3	14,0	17,2	10,4	9,0	68,6	63,5
		105	6,9	11,3	14,0	18,0	10,8	8,8	68,3	61,9
		110	7,3	11,0	15,0	18,6	10,9	8,5	66,8	61,9
		115	7,1	12,3	16,0	17,3	10,9	10,0	66,0	60,4
		120	6,1	13,2	13,3	17,4	10,8	9,3	69,8	60,1
		125	6,1	9,9	14,1	19,4	11,4	9,6	68,4	61,1
		130	6,5	12,6	13,3	19,5	10,8	8,0	69,4	59,9
		135	7,3	13,0	13,3	20,0	10,9	8,6	68,5	58,4
		140	7,3	14,0	14,5	20,0	11,2	9,7	67,0	56,3
		145	6,9	13,6	15,0	20,0	11,2	9,4	66,9	57,0
		150	6,9	12,0	15,0	20,1	11,2	8,3	66,9	59,6
155	7,5	11,5	14,1	17,4	12,0	7,5	66,4	63,6		
160	8,1	10,1	14,8	20,0	11,3	8,0	65,8	61,9		
165	8,3	12,0	14,1	19,5	11,0	8,9	66,6	59,6		
170	8,1	12,5	14,5	19,5	10,5	9,6	66,9	58,4		
175	8,1	11,1	15,0	19,0	10,4	9,3	66,5	60,6		
180	8,5	10,9	13,8	19,1	11,0	9,3	66,7	60,7		

APÊNDICE D9 - Concentração dos gases no dreno central no 5º dia pela manhã

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
5º dia	manhã	5	8,1	11,1	14,1	18,5	12,4	9,2	65,4	61,2
		10	7,8	10,0	13,1	21,0	12,0	8,0	67,1	61,0
		15	8,3	9,9	14,3	21,0	11,5	9,1	65,9	60,0
		20	8,1	11,0	13,1	22,0	12,0	8,0	66,8	59,0
		25	9,0	12,0	13,3	17,3	11,2	8,6	66,5	62,1
		30	8,1	12,0	14,6	18,6	10,6	9,7	66,7	59,7
		35	8,1	10,0	15,0	19,6	11,4	8,6	65,5	61,8
		40	7,9	10,9	16,0	20,0	12,0	8,2	64,1	60,9
		45	8,1	12,0	13,6	17,6	12,2	8,0	66,1	62,4
		50	8,1	10,0	14,0	18,0	11,4	9,0	66,5	63,0
		55	9,0	10,0	15,0	19,0	10,4	9,2	65,6	61,8
		60	8,1	11,1	15,0	17,9	12,0	9,6	64,9	61,4
		65	7,9	10,9	14,7	19,0	11,3	8,0	66,1	62,1
		70	7,9	12,3	13,6	19,3	11,3	8,6	67,2	59,8
		75	7,3	12,9	13,0	17,0	10,8	9,7	68,9	60,4
		80	9,0	13,2	13,4	19,0	11,3	9,4	66,4	58,4
		85	9,0	11,9	14,0	19,2	10,5	9,4	66,5	59,5
		90	8,1	12,6	13,9	19,6	10,5	9,6	67,5	58,2
		95	8,5	12,6	13,0	21,0	10,0	7,5	68,5	58,9
		100	8,1	13,0	14,6	21,0	10,0	8,0	67,3	58,0
		105	7,9	14,0	14,4	22,0	10,9	8,1	66,8	55,9
		110	7,7	13,6	14,5	18,5	12,0	8,2	65,8	59,7
		115	7,3	12,0	15,0	19,0	10,8	8,0	66,9	61,0
		120	7,3	11,0	15,9	19,9	10,8	8,6	66,0	60,5
		125	8,1	12,3	16,0	19,0	11,1	8,2	64,8	60,5
		130	9,0	13,2	15,7	17,9	10,5	8,0	64,8	60,9
		135	9,0	9,9	15,0	19,0	10,4	9,0	65,6	62,1
		140	7,8	12,6	16,0	19,3	12,4	9,2	63,8	58,9
		145	8,1	13,0	14,3	18,3	12,7	9,3	64,9	59,4
		150	7,3	14,0	14,0	19,0	11,0	8,0	67,7	59,0
155	7,1	13,6	15,0	19,2	11,8	7,6	66,1	59,6		
160	9,0	12,0	15,2	19,6	11,8	10,0	64,0	58,4		
165	8,0	11,5	15,8	21,0	12,0	9,9	64,2	57,6		
170	8,2	10,1	15,0	21,0	12,4	10,0	64,4	58,9		
175	8,8	12,0	14,0	22,0	12,3	8,8	64,9	57,2		
180	8,5	12,5	14,0	18,0	12,0	8,6	65,5	60,9		

APÊNDICE D10 - Concentração dos gases no dreno central no 5º dia pela tarde

Dia	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
5º dia	tarde	5	9,5	12,5	14,8	18,8	12,4	7,6	63,3	61,1
		10	9,3	12,3	14,7	22,0	11,9	8,6	64,1	57,1
		15	8,1	11,1	15,4	19,4	11,7	8,2	64,8	61,3
		20	7,3	12,0	15,0	19,0	11,5	8,0	66,2	61,0
		25	6,9	13,0	14,7	18,7	11,1	9,0	67,3	59,3
		30	7,3	13,1	15,0	19,0	11,2	9,2	66,5	58,7
		35	7,7	10,7	15,3	19,3	13,2	9,3	63,8	60,7
		40	7,5	12,0	15,7	19,6	13,4	8,0	63,4	60,4
		45	9,1	13,0	14,5	17,2	12,4	8,0	64,0	61,8
		50	8,6	14,0	14,3	18,3	12,4	9,1	64,7	58,6
		55	9,6	13,6	15,1	18,6	11,7	9,3	63,6	58,5
		60	7,7	12,0	15,3	19,0	11,5	7,5	65,5	61,5
		65	7,3	11,0	14,5	18,3	11,2	8,0	67,0	62,7
		70	8,1	12,3	15,0	17,4	11,3	8,1	65,6	62,2
		75	8,1	13,2	14,6	19,4	11,4	8,2	66,0	59,2
		80	7,3	9,9	16,1	19,5	10,9	8,0	65,7	62,6
		85	7,1	12,6	14,4	20,0	11,8	7,5	66,7	59,9
		90	7,9	13,0	15,7	17,4	11,4	9,6	65,1	60,0
		95	9,1	14,0	16,3	20,0	10,7	9,1	63,9	56,9
		100	8,8	12,6	15,8	19,5	11,0	9,3	64,5	58,6
		105	8,7	12,6	15,6	19,5	10,4	9,3	65,3	58,6
		110	8,1	13,0	14,5	18,5	10,8	9,2	66,6	59,3
		115	7,8	14,0	15,7	19,1	10,7	8,0	65,8	58,9
		120	8,4	13,6	15,1	18,5	11,0	9,1	65,5	58,8
		125	8,5	13,0	14,4	17,3	12,3	9,3	64,8	60,4
		130	6,9	14,0	15,1	17,6	11,4	9,6	66,6	58,8
		135	9,3	13,6	14,8	18,8	11,9	9,0	64,0	58,6
		140	8,0	12,0	15,6	19,0	12,0	8,8	64,4	60,2
		145	7,9	11,0	16,0	19,2	12,5	8,5	63,6	61,3
		150	7,1	12,3	15,7	19,6	12,1	10,0	65,2	58,1
155	8,8	13,2	15,0	21,0	11,8	9,3	64,4	56,5		
160	8,5	9,9	15,2	21,0	12,0	9,6	64,3	59,5		
165	9,1	12,6	16,5	22,0	11,0	9,3	63,4	56,1		
170	7,5	13,0	14,9	18,9	12,0	9,2	65,6	58,9		
175	7,5	14,0	14,9	18,9	11,5	8,0	66,1	59,1		
180	8,3	14,0	15,0	19,0	12,0	9,1	64,7	57,9		

APÊNDICE E1 - Concentração dos gases no Ponto 1 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Ponto 1	manhã	5	0,5	0,7	0,7	1,7	10,6	9,6	88,2	88,0
		10	1,0	1,3	1,6	3,4	10,5	9,0	86,9	86,3
		15	1,4	2,0	2,4	4,3	10,4	8,5	85,8	85,2
		20	1,5	2,3	3,3	5,5	10,0	8,2	85,3	84,0
		25	1,6	2,5	3,9	7,6	9,7	8,0	84,8	81,9
		30	2,0	2,7	4,2	8,0	9,7	8,0	84,1	81,3
		35	2,2	3,0	4,6	9,0	9,7	7,8	83,5	80,2
		40	2,3	3,4	5,1	10,0	9,6	7,5	83,0	79,1
		45	2,8	3,9	5,6	11,0	9,5	7,4	82,1	77,7
		50	3,0	4,8	6,9	12,0	9,5	7,4	80,6	75,8
		55	3,4	5,3	7,2	12,6	9,2	7,1	80,2	75,0
		60	3,5	6,0	7,9	13,0	9,2	7,0	79,4	74,0
		65	3,9	6,2	8,4	13,4	9,2	7,0	78,5	73,4
		70	4,0	6,4	8,5	13,9	9,1	6,8	78,4	72,9
		75	4,5	6,5	8,8	14,2	9,0	6,6	77,7	72,7
		80	4,8	6,6	8,8	14,9	9,0	6,5	77,4	72,0
		85	5,0	6,9	9,0	15,3	9,0	6,4	77,0	71,4
		90	5,0	6,9	9,4	15,8	8,9	6,0	76,7	71,3
		95	5,1	7,2	9,4	16,3	8,8	6,0	76,7	70,5
		100	5,2	7,4	9,9	17,0	8,8	5,9	76,1	69,7
		105	5,3	7,4	9,9	17,2	8,7	5,8	76,1	69,6
		110	5,3	7,6	10,3	17,6	8,6	5,7	75,8	69,1
		115	5,5	8,0	10,3	18,0	8,5	5,6	75,7	68,4
		120	5,6	8,1	11,2	18,0	8,4	5,4	74,8	68,5
		125	5,6	8,5	11,2	18,1	8,3	5,2	74,9	68,2
		130	5,7	8,8	11,4	18,2	8,3	5,0	74,6	68,0
		135	5,7	9,0	11,4	18,5	8,3	5,0	74,6	67,5
		140	5,8	9,1	12,0	18,5	8,3	4,9	73,9	67,5
		145	5,9	9,1	12,0	18,6	8,2	4,9	73,9	67,4
		150	6,0	9,5	12,0	18,6	8,0	4,8	74,0	67,1
155	6,0	9,8	12,0	18,7	7,9	4,7	74,1	66,8		
160	6,0	10,0	12,1	18,8	7,9	4,6	74,0	66,6		
165	6,1	10,2	12,1	18,9	7,8	4,5	74,0	66,4		
170	6,1	10,3	12,3	18,9	7,7	4,2	73,9	66,6		
175	6,2	10,4	12,4	19,0	7,5	4,0	73,9	66,6		
180	6,2	10,4	12,4	19,0	7,4	4,0	74,0	66,6		

APÊNDICE E2 - Concentração dos gases no Ponto 1 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 1	tarde	5	0,3	0,5	0,6	0,7	11,0	10,0	88,1	88,8
		10	1,0	1,4	1,8	2,3	10,7	9,6	86,5	86,7
		15	1,6	2,3	2,6	3,4	10,5	9,5	85,3	84,8
		20	2,1	4,1	3,8	5,5	10,4	9,5	83,7	80,9
		25	2,8	5,0	4,2	6,0	10,1	9,4	82,9	79,6
		30	3,3	5,4	5,0	6,8	10,0	9,0	81,7	78,8
		35	3,9	6,0	5,9	7,2	10,0	8,7	80,2	78,1
		40	4,4	6,1	6,3	7,7	9,8	8,6	79,5	77,6
		45	4,5	6,1	7,0	8,6	9,8	8,5	78,7	76,7
		50	5,0	6,8	7,8	9,0	9,8	8,2	77,4	76,0
		55	5,3	7,0	8,5	10,0	9,6	8,0	76,6	75,0
		60	5,4	7,2	8,6	10,5	9,5	7,8	76,5	74,5
		65	5,5	7,7	8,7	11,0	9,5	7,8	76,3	73,5
		70	5,5	7,7	9,5	11,1	9,5	7,7	75,5	73,6
		75	5,6	7,8	10,4	12,0	9,4	7,6	74,6	72,6
		80	5,6	7,9	10,7	12,5	9,4	7,5	74,3	72,1
		85	5,6	8,1	11,0	13,1	9,1	7,5	74,3	71,3
		90	5,8	8,4	12,0	14,2	8,9	7,4	73,3	70,0
		95	5,9	8,5	12,3	14,9	8,9	7,4	72,9	69,2
		100	5,9	8,7	12,3	15,2	8,9	7,4	72,9	68,7
		105	6,1	9,0	12,2	15,6	8,8	7,4	72,9	68,1
		110	6,3	9,1	12,7	15,6	8,7	7,2	72,3	68,1
		115	6,3	9,2	12,8	15,7	8,2	7,0	72,7	68,1
		120	6,4	9,7	12,9	15,8	8,2	7,0	72,5	67,5
		125	6,5	9,7	13,0	16,0	8,1	7,0	72,4	67,3
		130	6,5	9,8	13,0	16,0	8,1	6,9	72,4	67,3
		135	6,7	9,9	13,3	16,0	8,0	6,8	72,0	67,4
		140	6,7	9,9	13,4	16,1	7,9	6,7	72,0	67,3
		145	6,8	10,0	13,5	16,2	7,9	6,5	71,8	67,3
		150	6,9	10,1	13,6	16,2	7,8	6,5	71,7	67,2
155	7,0	10,1	14,0	16,4	7,7	6,0	71,3	67,5		
160	7,0	10,2	14,1	16,4	7,6	6,0	71,3	67,4		
165	7,1	10,2	14,2	16,4	7,5	6,0	71,2	67,4		
170	7,1	10,2	14,2	16,5	7,4	6,0	71,3	67,3		
175	7,2	10,3	14,5	16,5	7,4	5,9	70,9	67,3		
180	7,2	10,3	14,5	16,5	7,3	5,8	71,0	67,4		

APÊNDICE E3 - Concentração dos gases no Ponto 2 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Ponto 2	manhã	5	0,2	0,3	0,4	0,6	11,3	10,2	88,1	88,9
		10	1,2	1,7	2,0	2,7	11,3	10,0	85,5	85,6
		15	2,2	2,6	3,7	4,8	10,9	9,3	83,2	83,3
		20	2,8	4,0	4,4	6,3	10,8	10,0	82,0	79,6
		25	3,1	4,5	5,0	7,7	10,6	9,8	81,3	78,0
		30	3,9	5,4	6,0	8,3	10,6	9,2	79,5	77,1
		35	4,5	6,5	6,9	8,9	10,5	9,5	78,1	75,1
		40	5,0	6,6	7,5	9,8	10,1	8,7	77,4	74,9
		45	5,3	7,0	8,0	11,1	10,0	8,6	76,7	73,3
		50	5,5	7,9	8,7	11,1	9,9	8,6	75,9	72,4
		55	5,7	8,1	9,0	11,5	9,7	8,4	75,6	72,0
		60	5,8	8,8	9,8	12,0	9,4	7,9	75,0	71,3
		65	6,2	9,2	10,0	12,6	9,4	7,4	74,4	70,8
		70	6,2	9,3	11,0	13,0	9,3	7,6	73,5	70,1
		75	6,3	9,6	11,8	13,5	9,2	8,2	72,7	68,7
		80	6,4	9,7	12,0	14,0	9,2	7,7	72,4	68,6
		85	6,4	9,8	12,2	14,6	9,1	7,7	72,3	67,9
		90	6,5	9,8	12,2	14,9	9,0	7,2	72,3	68,1
		95	6,6	9,8	12,3	15,2	9,0	7,1	72,1	67,9
		100	6,7	10,0	12,4	15,3	8,8	7,0	72,1	67,7
		105	7,0	10,2	12,4	15,3	8,7	7,0	71,9	67,5
		110	7,2	10,2	12,5	15,4	8,7	7,0	71,6	67,4
		115	7,3	10,3	12,6	16,0	8,6	6,6	71,5	67,1
		120	7,3	10,5	12,7	16,2	8,6	6,5	71,4	66,8
		125	7,5	10,6	12,8	16,3	8,5	6,5	71,2	66,6
		130	7,5	10,7	13,0	16,5	8,2	6,3	71,3	66,5
		135	7,6	10,8	13,2	16,6	8,1	6,3	71,1	66,3
		140	7,6	11,0	13,4	16,8	8,0	6,3	71,0	65,9
		145	7,7	11,2	13,5	17,0	7,9	6,3	70,9	65,5
		150	7,7	11,2	13,6	17,2	7,9	6,3	70,8	65,3
155	7,7	11,5	13,7	17,2	7,8	6,3	70,8	65,0		
160	7,8	11,5	13,7	17,2	7,8	6,0	70,7	65,3		
165	8,0	11,6	13,7	17,2	7,7	6,2	70,6	65,0		
170	8,0	11,6	14,0	17,2	7,3	6,0	70,7	65,2		
175	8,0	11,6	14,1	17,3	7,0	6,0	70,9	65,1		
180	8,1	11,7	14,1	17,3	7,0	6,0	70,8	65,0		

APÊNDICE E4 - Concentração dos gases no Ponto 2 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 2	tarde	5	0,4	0,5	0,8	1,0	11,2	10,4	87,6	88,0
		10	1,0	1,2	1,6	2,4	11,1	9,6	86,3	86,8
		15	2,0	2,7	3,0	5,3	11,0	10,2	84,0	81,9
		20	2,8	3,4	4,4	6,8	11,0	9,6	81,8	80,2
		25	3,3	4,6	5,3	8,1	10,8	10,0	80,6	77,3
		30	4,0	5,4	7,6	9,8	10,5	9,6	77,9	75,2
		35	4,4	6,2	8,0	10,2	10,3	9,4	77,3	74,1
		40	5,0	7,0	9,0	11,5	10,2	9,4	75,8	72,1
		45	5,5	7,2	10,0	12,7	10,2	9,4	74,3	70,7
		50	6,0	8,0	11,0	13,3	10,2	9,3	72,8	69,4
		55	6,7	8,3	11,4	14,8	10,0	9,3	71,9	67,6
		60	7,0	8,7	11,9	15,7	9,9	8,7	71,2	66,9
		65	7,2	9,0	12,2	16,0	9,8	9,0	70,8	66,0
		70	7,3	9,2	12,4	16,0	9,8	8,7	70,5	66,1
		75	7,3	9,3	12,4	16,0	9,8	8,6	70,5	66,1
		80	7,4	9,5	12,6	16,5	9,7	9,0	70,3	65,0
		85	7,5	9,7	12,8	16,5	9,7	9,0	70,1	64,8
		90	7,5	9,9	12,8	16,7	9,6	8,5	70,2	64,9
		95	7,6	10,0	12,9	16,7	9,6	8,4	69,9	64,9
		100	7,6	10,3	12,9	16,7	9,5	9,0	70,0	64,0
		105	7,6	10,3	12,9	16,9	9,5	8,4	70,0	64,4
		110	7,7	10,5	13,1	16,9	9,1	8,4	70,1	64,2
		115	7,8	10,5	13,3	17,0	9,0	8,0	69,9	64,5
		120	7,8	10,5	13,3	17,0	8,7	8,0	70,2	64,5
		125	7,9	10,5	13,4	17,0	8,6	7,4	70,1	65,1
		130	7,9	10,6	13,4	17,0	8,5	7,4	70,2	65,0
		135	8,0	10,6	13,5	17,0	8,1	7,2	70,4	65,2
		140	8,0	10,6	13,6	17,1	7,9	7,1	70,5	65,2
		145	8,0	10,6	13,6	17,1	7,8	6,4	70,6	65,9
		150	8,1	10,8	13,7	17,1	7,7	7,1	70,5	65,0
155	8,2	10,8	13,7	17,1	7,5	6,1	70,6	66,0		
160	8,2	10,8	13,7	17,1	7,4	6,1	70,7	66,0		
165	8,3	10,8	13,8	17,2	7,3	6,2	70,6	65,8		
170	8,3	11,0	13,9	17,2	7,3	5,8	70,5	66,0		
175	8,3	11,0	14,0	17,2	7,2	6,1	70,5	65,7		
180	8,4	11,0	14,0	17,2	7,2	5,8	70,4	66,0		

APÊNDICE E5 - Concentração dos gases no Ponto 3 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 3	manhã	5	0,4	0,6	0,6	0,8	11,3	9,0	87,7	89,6
		10	1,0	1,1	1,3	1,7	11,0	9,0	86,7	88,2
		15	2,0	2,4	2,8	3,3	10,2	8,6	85,0	85,8
		20	2,8	3,7	3,6	4,7	10,0	8,5	83,6	83,1
		25	3,3	4,8	4,2	6,1	9,7	8,2	82,8	80,9
		30	4,0	6,6	6,6	8,5	9,6	7,9	79,8	77,1
		35	4,4	7,0	7,0	9,3	9,6	7,4	79,0	76,3
		40	5,0	8,0	8,0	10,8	9,4	7,7	77,6	73,5
		45	5,0	8,3	8,7	11,1	9,3	7,2	77,0	73,4
		50	5,9	8,8	9,0	12,0	9,2	7,1	75,9	72,2
		55	6,0	9,0	10,0	12,0	9,1	7,0	74,9	72,0
		60	6,5	9,4	11,0	13,0	9,0	7,2	73,5	70,4
		65	7,0	9,6	11,5	14,6	9,0	7,0	72,5	68,8
		70	7,4	9,6	11,5	14,6	8,8	7,0	72,3	68,8
		75	8,0	10,0	11,5	14,7	8,7	6,9	71,8	68,4
		80	8,6	10,6	11,7	15,0	8,5	6,5	71,2	67,9
		85	9,0	10,6	11,7	15,2	8,4	6,8	70,9	67,4
		90	9,2	11,0	11,7	15,4	8,1	6,5	71,0	67,1
		95	9,9	12,0	12,0	15,7	8,0	6,5	70,1	65,8
		100	10,0	12,3	12,0	15,7	8,0	6,5	70,0	65,5
		105	10,1	12,3	12,2	15,7	7,9	6,4	69,8	65,6
		110	10,2	12,3	12,2	16,0	7,8	6,3	69,8	65,4
		115	10,2	13,0	12,3	16,2	7,5	5,7	70,0	65,1
		120	10,2	13,0	12,3	16,2	7,4	6,0	70,1	64,8
		125	10,4	13,0	12,3	16,2	7,1	5,6	70,2	65,2
		130	10,4	13,3	12,4	16,2	6,9	5,4	70,3	65,1
		135	10,4	13,3	12,4	16,4	6,7	5,2	70,5	65,1
		140	10,5	13,3	12,6	16,4	6,6	5,3	70,3	65,0
		145	10,6	13,4	12,6	16,4	6,5	5,3	70,3	64,9
		150	10,6	13,4	12,6	16,4	6,5	5,0	70,3	65,2
155	10,6	13,4	12,7	17,0	6,5	5,0	70,2	64,6		
160	10,7	13,5	12,7	17,0	6,4	5,0	70,2	64,5		
165	10,7	13,5	12,8	17,0	6,2	4,8	70,3	64,7		
170	10,8	13,5	12,8	17,0	6,1	4,8	70,3	64,7		
175	10,8	13,6	12,8	17,2	6,1	4,7	70,3	64,6		
180	10,8	13,6	12,8	17,2	6,0	4,8	70,4	64,4		

APÊNDICE E6 - Concentração dos gases no Ponto 3 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 3	tarde	5	0,4	0,5	0,8	1,0	12,0	9,8	86,8	88,6
		10	1,1	1,5	2,2	2,9	11,9	9,5	84,8	86,1
		15	2,0	2,8	4,0	4,4	11,7	9,5	82,3	83,3
		20	2,7	5,3	5,4	6,2	11,6	9,0	80,3	79,5
		25	3,3	6,0	6,6	8,7	11,1	8,9	79,0	76,5
		30	4,0	6,5	8,0	10,5	11,0	9,0	77,0	74,1
		35	4,2	7,0	8,4	11,1	10,9	8,6	76,5	73,3
		40	5,0	8,6	10,0	13,6	10,8	8,7	74,2	69,1
		45	5,7	8,8	10,5	13,7	10,7	8,4	73,1	69,1
		50	6,4	9,0	12,8	14,0	10,1	8,4	70,7	68,6
		55	7,0	10,0	13,3	14,4	10,0	8,2	69,7	67,4
		60	7,5	10,8	14,4	16,0	10,0	8,2	68,1	65,0
		65	7,6	11,0	15,0	17,0	9,9	7,6	67,5	64,4
		70	7,8	11,6	15,6	18,0	9,7	7,5	66,9	62,9
		75	8,0	11,7	15,6	18,6	9,4	7,3	67,0	62,3
		80	8,2	12,0	15,7	18,7	9,3	7,1	66,8	62,2
		85	8,3	12,0	15,7	18,9	9,2	7,3	66,8	61,8
		90	8,4	12,3	15,7	19,0	9,1	7,3	66,8	61,4
		95	8,7	12,9	16,0	19,1	9,0	7,3	66,3	60,7
		100	9,0	13,0	16,0	19,6	9,0	6,5	66,0	60,8
		105	9,1	13,0	16,2	20,1	8,8	6,5	65,9	60,4
		110	9,2	13,1	16,2	20,5	8,7	6,5	65,9	60,0
		115	9,4	13,2	16,5	20,6	8,6	5,5	65,5	60,7
		120	9,4	13,3	16,5	20,6	8,5	6,0	65,6	60,1
		125	9,6	13,3	16,5	20,7	8,5	5,8	65,4	60,2
		130	9,6	13,3	16,6	20,8	8,4	6,4	65,4	59,5
		135	9,6	13,5	16,6	20,8	8,4	5,9	65,4	59,8
		140	9,7	13,5	16,7	20,9	8,3	6,1	65,3	59,6
		145	9,8	13,5	16,7	20,9	8,1	5,5	65,4	60,4
		150	9,8	13,6	16,7	20,9	8,0	5,0	65,5	60,7
155	10,0	13,7	16,8	20,9	7,7	4,9	65,5	60,7		
160	10,1	13,7	16,9	21,0	7,2	4,7	65,8	60,8		
165	10,2	13,7	16,9	21,0	7,1	4,7	65,8	60,7		
170	10,3	13,7	16,9	21,0	7,1	4,6	65,7	60,7		
175	10,4	13,9	17,0	21,0	7,0	4,7	65,6	60,6		
180	10,4	14,0	17,0	21,0	7,0	4,5	65,6	60,8		

APÊNDICE E7 - Concentração dos gases no Ponto 4 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 4	manhã	5	0,4	0,5	0,8	1,0	12,1	9,4	86,7	89,1
		10	1,0	1,6	2,0	2,8	11,8	9,0	85,2	86,5
		15	1,5	2,1	2,8	3,2	11,7	8,5	84,0	86,1
		20	2,0	2,7	4,1	4,7	11,3	8,4	82,6	84,2
		25	2,7	3,7	5,4	7,7	11,2	8,4	80,7	80,2
		30	3,2	4,5	5,9	8,0	11,0	8,4	79,9	79,1
		35	3,8	5,2	7,0	9,3	10,7	8,2	78,5	77,2
		40	4,2	6,4	8,0	10,6	10,6	8,2	77,2	74,8
		45	5,0	6,8	10,0	10,8	10,4	8,2	74,6	74,2
		50	5,3	6,9	11,0	13,7	10,3	8,2	73,4	71,3
		55	5,6	7,3	11,2	14,2	10,0	8,1	73,2	70,4
		60	6,0	8,0	12,0	14,4	9,7	8,1	72,3	69,5
		65	6,3	8,8	12,6	14,9	9,7	7,9	71,4	68,4
		70	6,3	8,9	12,8	15,1	9,5	7,8	71,4	68,3
		75	6,4	8,9	13,0	15,5	9,5	7,6	71,1	67,9
		80	6,5	9,5	13,0	15,7	9,3	7,5	71,2	67,3
		85	6,7	9,7	13,4	15,9	9,1	7,4	70,8	67,1
		90	6,7	9,8	13,4	16,0	9,0	7,4	70,9	66,9
		95	6,8	10,1	13,4	16,0	9,0	7,0	70,8	66,9
		100	6,8	10,1	13,5	16,1	8,5	6,9	71,2	66,9
		105	6,9	10,1	13,5	16,1	8,3	6,8	71,3	66,9
		110	7,0	10,3	14,0	16,1	8,0	6,4	71,0	67,2
		115	7,1	10,3	14,2	16,1	8,0	6,1	70,7	67,5
		120	7,2	10,3	14,3	16,5	8,0	6,1	70,5	67,1
		125	7,2	10,6	14,3	16,8	7,8	6,0	70,7	66,6
		130	7,3	10,7	14,4	16,8	7,7	5,8	70,6	66,8
		135	7,4	10,9	14,5	16,8	7,6	5,8	70,5	66,6
		140	7,4	10,9	14,5	17,0	7,5	5,6	70,6	66,4
		145	7,5	11,0	15,0	17,0	7,2	5,6	70,3	66,4
		150	7,5	11,1	15,0	17,0	7,2	5,5	70,3	66,4
155	7,6	11,1	15,2	17,0	7,1	5,5	70,1	66,4		
160	7,7	11,1	15,3	17,2	7,0	5,5	70,0	66,2		
165	7,7	11,1	15,3	17,2	7,0	5,4	70,0	66,2		
170	7,7	11,1	15,4	17,2	6,9	5,1	70,0	66,5		
175	7,8	11,3	15,4	17,2	6,8	5,0	70,0	66,5		
180	7,8	11,3	15,4	17,2	6,7	5,0	70,1	66,5		

APÊNDICE E8 - Concentração dos gases no Ponto 4 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 4	tarde	5	0,4	0,6	0,6	0,8	12,5	10,0	86,6	88,6
		10	1,0	1,4	1,7	2,2	12,2	9,8	85,1	86,6
		15	1,6	3,0	3,2	4,1	12,1	9,6	83,1	83,4
		20	2,4	3,9	3,8	5,2	12,0	9,6	81,8	81,2
		25	3,3	6,0	5,0	7,2	12,0	9,3	79,7	77,5
		30	4,0	7,1	6,7	9,6	11,8	8,8	77,5	74,6
		35	4,8	8,7	8,3	10,8	11,7	8,8	75,2	71,8
		40	5,2	9,5	9,9	13,3	11,5	8,6	73,4	68,6
		45	5,9	10,2	10,5	13,4	11,4	8,6	72,2	67,7
		50	6,3	10,6	11,7	14,3	11,2	8,5	70,8	66,5
		55	7,0	10,8	13,3	16,9	11,0	8,4	68,7	64,0
		60	7,2	11,0	14,0	17,1	10,8	8,4	68,0	63,4
		65	7,3	11,1	14,6	18,7	10,7	8,4	67,4	61,8
		70	7,3	11,2	14,6	18,7	10,7	8,4	67,4	61,7
		75	7,4	11,3	14,8	18,9	10,5	8,4	67,3	61,5
		80	7,4	11,3	14,8	19,0	10,5	8,2	67,3	61,6
		85	7,4	11,6	14,8	19,0	10,3	8,3	67,5	61,1
		90	7,5	11,8	15,0	19,5	10,3	8,3	67,2	60,3
		95	7,6	11,9	15,0	19,6	10,0	8,1	67,4	60,4
		100	7,6	12,0	15,2	19,9	10,0	7,9	67,2	60,1
		105	7,6	12,0	15,2	20,7	9,8	8,0	67,4	59,3
		110	7,7	12,0	15,3	21,0	9,7	7,9	67,3	59,1
		115	7,8	12,0	15,6	21,3	9,7	7,8	66,9	58,9
		120	7,9	12,5	15,8	21,3	9,6	7,8	66,7	58,4
		125	8,0	12,5	15,9	21,3	9,6	7,7	66,5	58,5
		130	8,1	12,5	16,0	21,3	9,1	7,3	66,8	58,9
		135	8,1	12,6	16,1	21,6	9,0	7,1	66,8	58,7
		140	8,3	12,6	16,1	21,6	9,0	7,1	66,6	58,7
		145	8,4	12,6	16,8	21,6	8,7	6,8	66,1	59,0
		150	8,5	12,6	17,0	21,6	8,7	6,5	65,8	59,3
155	8,5	12,7	17,0	21,7	8,4	6,5	66,1	59,1		
160	8,5	12,7	17,0	21,7	8,3	6,7	66,2	58,9		
165	8,6	12,7	17,1	21,7	8,0	6,2	66,3	59,4		
170	8,6	12,7	17,1	21,7	7,7	6,2	66,6	59,4		
175	8,7	12,7	17,2	21,8	7,3	6,0	66,8	59,5		
180	8,8	12,7	17,2	21,8	7,2	6,2	66,8	59,3		

APÊNDICE E9 - Concentração dos gases no Ponto 5 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 5	manhã	5	0,4	0,5	0,8	1,0	13,0	10,7	85,8	87,7
		10	1,0	1,3	2,2	3,5	12,8	9,8	84,0	85,4
		15	2,2	2,6	3,9	5,7	12,6	9,2	81,3	82,5
		20	2,8	3,8	4,7	7,3	12,4	9,6	80,1	79,3
		25	3,1	4,1	5,6	7,9	12,0	8,9	79,3	79,1
		30	3,8	5,3	6,7	8,5	11,7	8,8	77,8	77,3
		35	4,3	5,6	7,2	9,4	11,4	8,5	77,1	76,4
		40	4,9	6,8	8,8	11,0	11,3	8,7	75,0	73,5
		45	5,2	7,0	9,3	12,0	11,0	8,7	74,5	72,3
		50	5,9	7,3	10,3	13,2	11,0	8,5	72,8	71,0
		55	6,3	7,7	11,6	14,7	10,3	8,3	71,8	69,3
		60	6,9	9,5	12,7	15,2	10,2	8,3	70,2	67,1
		65	7,1	9,8	13,6	16,9	10,0	8,4	69,3	65,0
		70	7,6	10,0	13,6	17,5	10,0	8,2	68,8	64,3
		75	8,3	11,2	13,6	17,6	9,9	7,6	68,2	63,6
		80	8,4	11,6	14,1	17,8	9,9	7,5	67,6	63,1
		85	8,5	11,8	14,1	17,9	9,8	7,5	67,6	62,8
		90	8,5	12,3	14,2	18,3	9,2	6,9	68,1	62,5
		95	8,6	12,4	14,2	18,5	9,1	7,4	68,1	61,7
		100	8,6	12,7	14,3	18,5	9,0	7,2	68,1	61,6
		105	8,7	13,0	14,3	18,7	9,0	6,8	68,0	61,5
		110	8,7	13,2	14,5	19,2	8,7	6,7	68,1	60,9
		115	8,8	13,2	14,6	19,2	8,4	6,5	68,2	61,1
		120	8,9	13,2	14,6	19,3	8,3	6,0	68,2	61,5
		125	8,9	13,2	14,7	19,3	8,2	6,3	68,2	61,1
		130	9,0	13,2	14,8	19,3	8,1	5,9	68,1	61,5
		135	9,1	13,5	14,8	19,7	8,0	6,2	68,1	60,6
		140	9,1	13,5	14,8	20,0	8,0	5,9	68,1	60,6
		145	9,2	13,5	15,0	20,0	7,7	5,9	68,1	60,6
		150	9,2	13,5	15,0	20,2	7,5	5,9	68,3	60,4
155	9,2	13,6	15,0	20,2	7,2	5,7	68,6	60,5		
160	9,3	13,6	15,0	20,2	7,2	5,5	68,5	60,7		
165	9,4	13,6	15,2	20,2	7,0	5,6	68,4	60,6		
170	9,4	13,6	15,2	20,2	7,0	4,9	68,4	61,3		
175	9,5	13,7	15,2	20,2	6,8	4,8	68,5	61,3		
180	9,6	13,7	15,3	20,2	6,7	4,6	68,4	61,5		

APÊNDICE E10 - Concentração dos gases no Ponto 5 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	Leituras em Minutos	CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			Concentração %							
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Ponto 5	tarde	5	0,5	0,6	0,9	1,2	13,0	10,0	85,6	88,2
		10	1,2	1,6	2,4	3,6	12,7	9,7	83,7	85,1
		15	2,2	3,0	3,5	4,4	12,4	8,6	81,9	84,0
		20	3,4	5,6	5,0	6,3	12,2	9,2	79,4	78,9
		25	4,5	8,3	6,7	8,5	12,2	8,5	76,6	74,6
		30	5,5	8,5	8,8	11,1	12,0	8,6	73,7	71,8
		35	6,0	9,9	9,9	12,5	11,7	8,2	72,4	69,4
		40	6,7	9,9	11,2	14,0	11,6	8,1	70,5	68,1
		45	6,9	10,7	12,7	15,1	11,4	8,0	69,0	66,2
		50	7,4	11,2	13,6	17,4	11,0	7,7	68,0	63,7
		55	7,9	11,4	14,8	18,2	10,7	7,6	66,6	62,7
		60	8,2	11,8	15,5	19,2	10,6	7,6	65,7	61,3
		65	8,3	12,0	16,0	19,5	10,1	7,3	65,6	61,1
		70	8,4	12,5	16,8	19,5	10,0	7,5	64,8	60,5
		75	8,7	12,8	17,4	20,2	9,5	7,2	64,4	59,8
		80	8,7	12,8	17,4	21,1	9,4	7,2	64,5	59,0
		85	8,8	13,2	17,6	21,7	9,3	7,1	64,3	58,0
		90	9,0	13,3	17,6	21,9	9,0	7,0	64,4	57,7
		95	9,0	13,5	17,7	22,1	9,0	6,9	64,3	57,5
		100	9,2	13,7	18,0	22,3	8,8	6,9	64,0	57,1
		105	9,2	13,8	18,0	22,5	8,6	6,9	64,2	56,7
		110	9,3	14,0	18,2	22,6	8,5	6,3	64,0	57,1
		115	9,3	14,2	18,2	22,7	8,4	6,6	64,1	56,6
		120	9,4	14,4	18,8	23,0	8,3	6,9	63,5	55,7
		125	9,5	14,4	18,8	23,0	8,0	6,0	63,7	56,5
		130	9,6	14,4	18,8	23,0	7,8	5,9	63,8	56,7
		135	9,6	14,4	18,8	23,0	7,6	5,9	64,0	56,7
		140	9,6	14,6	18,9	23,0	7,6	5,5	63,9	56,9
		145	9,7	14,6	18,9	23,1	7,5	5,8	63,9	56,5
		150	9,8	14,6	18,9	23,1	7,1	5,4	64,2	56,9
155	9,8	14,6	19,0	23,1	6,8	5,4	64,4	56,9		
160	9,8	14,7	19,0	23,1	6,7	5,2	64,5	57,0		
165	9,9	14,7	19,0	23,2	6,2	5,2	64,9	56,9		
170	10,0	14,7	19,1	23,2	6,2	4,6	64,7	57,6		
175	10,0	14,7	19,1	23,2	6,0	4,6	64,9	57,5		
180	10,1	14,8	19,1	23,2	6,0	4,3	64,8	57,7		

APÊNDICE F1 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 1 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 1	manhã	5	0,5	0,7	0,7	1,7	37,6	39,5	0,629	0,625	1,731	1,720
		10	1,0	1,3	1,6	3,4	37,9	39,5	0,629	0,625	1,729	1,720
		15	1,4	2,0	2,4	4,3	38,7	39,4	0,627	0,626	1,725	1,721
		20	1,5	2,3	3,3	5,5	38,2	39,7	0,628	0,625	1,727	1,719
		25	1,6	2,5	3,9	7,6	38,7	39,7	0,627	0,625	1,725	1,719
		30	2,0	2,7	4,2	8,0	38,9	39,8	0,627	0,625	1,723	1,718
		35	2,2	3,0	4,6	9,0	39,5	37,6	0,625	0,629	1,720	1,731
		40	2,3	3,4	5,1	10,0	39,5	37,9	0,625	0,629	1,720	1,729
		45	2,8	3,9	5,6	11,0	39,4	38,7	0,626	0,627	1,721	1,725
		50	3,0	4,8	6,9	12,0	39,7	38,2	0,625	0,628	1,719	1,727
		55	3,4	5,3	7,2	12,6	39,7	38,7	0,625	0,627	1,719	1,725
		60	3,5	6,0	7,9	13,0	39,8	38,9	0,625	0,627	1,718	1,723
		65	3,9	6,2	8,4	13,4	40,2	39,9	0,624	0,625	1,716	1,718
		70	4,0	6,4	8,5	13,9	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		75	4,5	6,5	8,8	14,2	39,9	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		80	4,8	6,6	8,8	14,9	39,9	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		85	5,0	6,9	9,0	15,3	39,8	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		90	5,0	6,9	9,4	15,8	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		95	5,1	7,2	9,4	16,3	39,9	40,0	0,625	0,624	1,718	1,717
		100	5,2	7,4	9,9	17,0	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		105	5,3	7,4	9,9	17,2	39,8	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		110	5,3	7,6	10,3	17,6	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		115	5,5	8,0	10,3	18,0	39,9	40,1	0,625	0,624	1,718	1,717
		120	5,6	8,1	11,2	18,0	40,0	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
		125	5,6	8,5	11,2	18,1	39,9	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716
		130	5,7	8,8	11,4	18,2	39,7	37,2	0,625	0,630	1,719	1,733
		135	5,7	9,0	11,4	18,5	39,7	37,8	0,625	0,629	1,719	1,730
140	5,8	9,1	12,0	18,5	39,9	37,8	0,625	0,629	1,718	1,730		
145	5,9	9,1	12,0	18,6	40,0	38,0	0,624	0,629	1,717	1,728		
150	6,0	9,5	12,0	18,6	39,9	39,8	0,625	0,625	1,718	1,718		
155	6,0	9,8	12,0	18,7	39,7	39,9	0,625	0,625	1,719	1,718		
160	6,0	10,0	12,1	18,8	39,9	39,8	0,625	0,625	1,718	1,718		
165	6,1	10,2	12,1	18,9	40,1	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718		
170	6,1	10,3	12,3	18,9	40,2	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718		
175	6,2	10,4	12,4	19,0	40,2	39,9	0,624	0,625	1,716	1,718		
180	6,2	10,4	12,4	19,0	37,2	40,0	0,630	0,624	1,733	1,717		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F2 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 1 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 1	tarde	5	0,3	0,5	0,6	0,7	37,8	39,9	0,629	0,625	1,730	1,718
		10	1,0	1,4	1,8	2,3	37,8	39,7	0,629	0,625	1,730	1,719
		15	1,6	2,3	2,6	3,4	38,0	39,7	0,629	0,625	1,728	1,719
		20	2,1	4,1	3,8	5,5	38,5	39,9	0,628	0,625	1,726	1,718
		25	2,8	5,0	4,2	6,0	38,7	40,0	0,627	0,624	1,725	1,717
		30	3,3	5,4	5,0	6,8	38,5	39,9	0,628	0,625	1,726	1,718
		35	3,9	6,0	5,9	7,2	38,6	39,8	0,627	0,625	1,725	1,718
		40	4,4	6,1	6,3	7,7	38,8	39,8	0,627	0,625	1,724	1,718
		45	4,5	6,1	7,0	8,6	39,5	39,7	0,625	0,625	1,720	1,719
		50	5,0	6,8	7,8	9,0	39,4	39,7	0,626	0,625	1,721	1,719
		55	5,3	7,0	8,5	10,0	39,5	39,8	0,625	0,625	1,720	1,718
		60	5,4	7,2	8,6	10,5	40,1	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
		65	5,5	7,7	8,7	11,0	39,8	37,9	0,625	0,629	1,718	1,729
		70	5,5	7,7	9,5	11,1	40,0	38,1	0,624	0,628	1,717	1,728
		75	5,6	7,8	10,4	12,0	39,9	38,6	0,625	0,627	1,718	1,725
		80	5,6	7,9	10,7	12,5	39,9	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		85	5,6	8,1	11,0	13,1	39,8	39,0	0,625	0,627	1,718	1,723
		90	5,8	8,4	12,0	14,2	39,8	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		95	5,9	8,5	12,3	14,9	39,9	39,1	0,625	0,626	1,718	1,722
		100	5,9	8,7	12,3	15,2	39,4	39,4	0,626	0,626	1,721	1,721
		105	6,1	9,0	12,2	15,6	39,8	39,6	0,625	0,625	1,718	1,720
		110	6,3	9,1	12,7	15,6	39,2	39,7	0,626	0,625	1,722	1,719
		115	6,3	9,2	12,8	15,7	39,2	39,8	0,626	0,625	1,722	1,718
		120	6,4	9,7	12,9	15,8	39,3	39,9	0,626	0,625	1,721	1,718
		125	6,5	9,7	13,0	16,0	39,4	39,9	0,626	0,625	1,721	1,718
		130	6,5	9,8	13,0	16,0	39,4	39,8	0,626	0,625	1,721	1,718
		135	6,7	9,9	13,3	16,0	39,8	39,8	0,625	0,625	1,718	1,718
		140	6,7	9,9	13,4	16,1	39,5	39,6	0,625	0,625	1,720	1,720
		145	6,8	10,0	13,5	16,2	39,6	39,6	0,625	0,625	1,720	1,720
		150	6,9	10,1	13,6	16,2	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
155	7,0	10,1	14,0	16,4	39,8	39,4	0,625	0,626	1,718	1,721		
160	7,0	10,2	14,1	16,4	39,7	39,8	0,625	0,625	1,719	1,718		
165	7,1	10,2	14,2	16,4	39,7	39,2	0,625	0,626	1,719	1,722		
170	7,1	10,2	14,2	16,5	39,8	39,2	0,625	0,626	1,718	1,722		
175	7,2	10,3	14,5	16,5	40,2	39,3	0,624	0,626	1,716	1,721		
180	7,2	10,3	14,5	16,5	37,9	39,4	0,629	0,626	1,729	1,721		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F3 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 2 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 2	manhã	5	0,2	0,3	0,4	0,6	38,1	39,4	0,628	0,626	1,728	1,721
		10	1,2	1,7	2,0	2,7	38,6	39,8	0,627	0,625	1,725	1,718
		15	2,2	2,6	3,7	4,8	38,8	39,5	0,627	0,625	1,724	1,720
		20	2,8	4,0	4,4	6,3	39,0	39,6	0,627	0,625	1,723	1,720
		25	3,1	4,5	5,0	7,7	38,8	39,8	0,627	0,625	1,724	1,718
		30	3,9	5,4	6,0	8,3	39,1	39,8	0,626	0,625	1,722	1,718
		35	4,5	6,5	6,9	8,9	39,4	39,7	0,626	0,625	1,721	1,719
		40	5,0	6,6	7,5	9,8	39,6	39,7	0,625	0,625	1,720	1,719
		45	5,3	7,0	8,0	11,1	39,7	39,8	0,625	0,625	1,719	1,718
		50	5,5	7,9	8,7	11,1	39,8	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716
		55	5,7	8,1	9,0	11,5	39,9	37,9	0,625	0,629	1,718	1,729
		60	5,8	8,8	9,8	12,0	39,9	38,1	0,625	0,628	1,718	1,728
		65	6,2	9,2	10,0	12,6	39,8	39,6	0,625	0,625	1,718	1,720
		70	6,2	9,3	11,0	13,0	39,8	39,5	0,625	0,625	1,718	1,720
		75	6,3	9,6	11,8	13,5	39,6	39,6	0,625	0,625	1,720	1,720
		80	6,4	9,7	12,0	14,0	39,6	39,4	0,625	0,626	1,720	1,721
		85	6,4	9,8	12,2	14,6	39,7	39,4	0,625	0,626	1,719	1,721
		90	6,5	9,8	12,2	14,9	39,8	37,0	0,625	0,631	1,718	1,734
		95	6,6	9,8	12,3	15,2	39,4	37,8	0,626	0,629	1,721	1,730
		100	6,7	10,0	12,4	15,3	39,6	38,1	0,625	0,628	1,720	1,728
		105	7,0	10,2	12,4	15,3	39,5	38,7	0,625	0,627	1,720	1,725
		110	7,2	10,2	12,5	15,4	39,5	38,6	0,625	0,627	1,720	1,725
		115	7,3	10,3	12,6	16,0	39,8	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		120	7,3	10,5	12,7	16,2	39,5	38,4	0,625	0,628	1,720	1,726
		125	7,5	10,6	12,8	16,3	39,7	38,4	0,625	0,628	1,719	1,726
		130	7,5	10,7	13,0	16,5	39,5	38,5	0,625	0,628	1,720	1,726
		135	7,6	10,8	13,2	16,6	39,4	38,6	0,626	0,627	1,721	1,725
		140	7,6	11,0	13,4	16,8	39,8	38,6	0,625	0,627	1,718	1,725
		145	7,7	11,2	13,5	17,0	39,8	38,7	0,625	0,627	1,718	1,725
		150	7,7	11,2	13,6	17,2	39,9	39,3	0,625	0,626	1,718	1,721
155	7,7	11,5	13,7	17,2	39,6	39,0	0,625	0,627	1,720	1,723		
160	7,8	11,5	13,7	17,2	39,5	39,2	0,625	0,626	1,720	1,722		
165	8,0	11,6	13,7	17,2	39,6	39,1	0,625	0,626	1,720	1,722		
170	8,0	11,6	14,0	17,2	39,4	39,1	0,626	0,626	1,721	1,722		
175	8,0	11,6	14,1	17,3	39,4	39,4	0,626	0,626	1,721	1,721		
180	8,1	11,7	14,1	17,3	37,0	39,4	0,631	0,626	1,734	1,721		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F4 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 2 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 2	tarde	5	0,4	0,5	0,8	1,0	37,8	39,5	0,629	0,625	1,730	1,720
		10	1,0	1,2	1,6	2,4	38,1	39,0	0,628	0,627	1,728	1,723
		15	2,0	2,7	3,0	5,3	38,7	39,1	0,627	0,626	1,725	1,722
		20	2,8	3,4	4,4	6,8	38,6	38,8	0,627	0,627	1,725	1,724
		25	3,3	4,6	5,3	8,1	38,8	39,0	0,627	0,627	1,724	1,723
		30	4,0	5,4	7,6	9,8	38,4	39,0	0,628	0,627	1,726	1,723
		35	4,4	6,2	8,0	10,2	38,4	39,2	0,628	0,626	1,726	1,722
		40	5,0	7,0	9,0	11,5	38,5	39,0	0,628	0,627	1,726	1,723
		45	5,5	7,2	10,0	12,7	38,6	38,6	0,627	0,627	1,725	1,725
		50	6,0	8,0	11,0	13,3	38,6	38,5	0,627	0,628	1,725	1,726
		55	6,7	8,3	11,4	14,8	38,7	38,6	0,627	0,627	1,725	1,725
		60	7,0	8,7	11,9	15,7	39,3	38,8	0,626	0,627	1,721	1,724
		65	7,2	9,0	12,2	16,0	39,0	38,4	0,627	0,628	1,723	1,726
		70	7,3	9,2	12,4	16,0	39,2	38,8	0,626	0,627	1,722	1,724
		75	7,3	9,3	12,4	16,0	39,1	39,0	0,626	0,627	1,722	1,723
		80	7,4	9,5	12,6	16,5	39,1	38,6	0,626	0,627	1,722	1,725
		85	7,5	9,7	12,8	16,5	39,4	39,1	0,626	0,626	1,721	1,722
		90	7,5	9,9	12,8	16,7	39,4	39,3	0,626	0,626	1,721	1,721
		95	7,6	10,0	12,9	16,7	39,5	39,8	0,625	0,625	1,720	1,718
		100	7,6	10,3	12,9	16,7	39,0	39,8	0,627	0,625	1,723	1,718
		105	7,6	10,3	12,9	16,9	39,4	39,9	0,626	0,625	1,721	1,718
		110	7,7	10,5	13,1	16,9	38,8	39,5	0,627	0,625	1,724	1,720
		115	7,8	10,5	13,3	17,0	38,9	39,0	0,627	0,627	1,723	1,723
		120	7,8	10,5	13,3	17,0	39,0	39,1	0,627	0,626	1,723	1,722
		125	7,9	10,5	13,4	17,0	39,1	39,7	0,626	0,625	1,722	1,719
		130	7,9	10,6	13,4	17,0	39,1	39,4	0,626	0,626	1,722	1,721
		135	8,0	10,6	13,5	17,0	38,8	39,6	0,627	0,625	1,724	1,720
140	8,0	10,6	13,6	17,1	39,0	39,5	0,627	0,625	1,723	1,720		
145	8,0	10,6	13,6	17,1	39,0	39,5	0,627	0,625	1,723	1,720		
150	8,1	10,8	13,7	17,1	39,2	39,7	0,626	0,625	1,722	1,719		
155	8,2	10,8	13,7	17,1	39,0	39,5	0,627	0,625	1,723	1,720		
160	8,2	10,8	13,7	17,1	38,6	39,4	0,627	0,626	1,725	1,721		
165	8,3	10,8	13,8	17,2	38,5	39,8	0,628	0,625	1,726	1,718		
170	8,3	11,0	13,9	17,2	38,6	39,8	0,627	0,625	1,725	1,718		
175	8,3	11,0	14,0	17,2	38,8	39,9	0,627	0,625	1,724	1,718		
180	8,4	11,0	14,0	17,2	38,4	39,6	0,628	0,625	1,726	1,720		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F5 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 3 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Ponto 3	manhã	5	0,4	0,6	0,6	0,8	38,8	39,5	0,627	0,625	1,724	1,720
		10	1,0	1,1	1,3	1,7	39,0	39,6	0,627	0,625	1,723	1,720
		15	2,0	2,4	2,8	3,3	38,6	39,4	0,627	0,626	1,725	1,721
		20	2,8	3,7	3,6	4,7	39,1	39,4	0,626	0,626	1,722	1,721
		25	3,3	4,8	4,2	6,1	39,3	37,0	0,626	0,631	1,721	1,734
		30	4,0	6,6	6,6	8,5	39,8	37,8	0,625	0,629	1,718	1,730
		35	4,4	7,0	7,0	9,3	39,8	38,1	0,625	0,628	1,718	1,728
		40	5,0	8,0	8,0	10,8	39,9	38,7	0,625	0,627	1,718	1,725
		45	5,0	8,3	8,7	11,1	39,5	38,6	0,625	0,627	1,720	1,725
		50	5,9	8,8	9,0	12,0	39,0	38,8	0,627	0,627	1,723	1,724
		55	6,0	9,0	10,0	12,0	39,1	38,4	0,626	0,628	1,722	1,726
		60	6,5	9,4	11,0	13,0	39,7	38,4	0,625	0,628	1,719	1,726
		65	7,0	9,6	11,5	14,6	39,4	38,5	0,626	0,628	1,721	1,726
		70	7,4	9,6	11,5	14,6	39,6	40,8	0,625	0,623	1,720	1,713
		75	8,0	10,0	11,5	14,7	39,5	40,5	0,625	0,624	1,720	1,715
		80	8,6	10,6	11,7	15,0	39,5	40,7	0,625	0,623	1,720	1,714
		85	9,0	10,6	11,7	15,2	39,9	40,6	0,625	0,623	1,718	1,714
		90	9,2	11,0	11,7	15,4	39,9	40,6	0,625	0,623	1,718	1,714
		95	9,9	12,0	12,0	15,7	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		100	10,0	12,3	12,0	15,7	39,5	40,5	0,625	0,624	1,720	1,715
		105	10,1	12,3	12,2	15,7	39,9	40,6	0,625	0,623	1,718	1,714
		110	10,2	12,3	12,2	16,0	39,3	40,1	0,626	0,624	1,721	1,717
		115	10,2	13,0	12,3	16,2	39,4	40,5	0,626	0,624	1,721	1,715
		120	10,2	13,0	12,3	16,2	39,5	40,3	0,625	0,624	1,720	1,716
		125	10,4	13,0	12,3	16,2	39,7	40,3	0,625	0,624	1,719	1,716
		130	10,4	13,3	12,4	16,2	39,7	40,2	0,625	0,624	1,719	1,716
		135	10,4	13,3	12,4	16,4	40,1	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		140	10,5	13,3	12,6	16,4	40,0	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		145	10,6	13,4	12,6	16,4	40,1	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
		150	10,6	13,4	12,6	16,4	40,3	39,9	0,624	0,625	1,716	1,718
155	10,6	13,4	12,7	17,0	40,3	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718		
160	10,7	13,5	12,7	17,0	40,2	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718		
165	10,7	13,5	12,8	17,0	40,2	39,9	0,624	0,625	1,716	1,718		
170	10,8	13,5	12,8	17,0	40,3	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716		
175	10,8	13,6	12,8	17,2	40,2	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716		
180	10,8	13,6	12,8	17,2	38,6	40,3	0,627	0,624	1,725	1,716		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F6 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 3 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Ponto 3	tarde	5	0,4	0,5	0,8	1,0	39,1	40,3	0,626	0,624	1,722	1,716
		10	1,1	1,5	2,2	2,9	39,3	40,2	0,626	0,624	1,721	1,716
		15	2,0	2,8	4,0	4,4	39,8	40,4	0,625	0,624	1,718	1,715
		20	2,7	5,3	5,4	6,2	39,8	40,4	0,625	0,624	1,718	1,715
		25	3,3	6,0	6,6	8,7	39,9	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		30	4,0	6,5	8,0	10,5	40,0	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719
		35	4,2	7,0	8,4	11,1	40,0	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718
		40	5,0	8,6	10,0	13,6	40,1	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
		45	5,7	8,8	10,5	13,7	40,8	37,9	0,623	0,629	1,713	1,729
		50	6,4	9,0	12,8	14,0	40,5	38,1	0,624	0,628	1,715	1,728
		55	7,0	10,0	13,3	14,4	40,7	39,6	0,623	0,625	1,714	1,720
		60	7,5	10,8	14,4	16,0	40,6	39,5	0,623	0,625	1,714	1,720
		65	7,6	11,0	15,0	17,0	40,6	39,6	0,623	0,625	1,714	1,720
		70	7,8	11,6	15,6	18,0	40,5	39,4	0,624	0,626	1,715	1,721
		75	8,0	11,7	15,6	18,6	40,5	39,4	0,624	0,626	1,715	1,721
		80	8,2	12,0	15,7	18,7	40,6	37,0	0,623	0,631	1,714	1,734
		85	8,3	12,0	15,7	18,9	40,1	37,8	0,624	0,629	1,717	1,730
		90	8,4	12,3	15,7	19,0	40,5	38,1	0,624	0,628	1,715	1,728
		95	8,7	12,9	16,0	19,1	40,3	38,7	0,624	0,627	1,716	1,725
		100	9,0	13,0	16,0	19,6	40,3	38,6	0,624	0,627	1,716	1,725
		105	9,1	13,0	16,2	20,1	40,2	38,8	0,624	0,627	1,716	1,724
		110	9,2	13,1	16,2	20,5	40,3	38,4	0,624	0,628	1,716	1,726
		115	9,4	13,2	16,5	20,6	40,3	38,4	0,624	0,628	1,716	1,726
		120	9,4	13,3	16,5	20,6	40,2	38,5	0,624	0,628	1,716	1,726
		125	9,6	13,3	16,5	20,7	39,9	39,8	0,625	0,625	1,718	1,718
		130	9,6	13,3	16,6	20,8	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		135	9,6	13,5	16,6	20,8	39,8	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		140	9,7	13,5	16,7	20,9	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
145	9,8	13,5	16,7	20,9	40,3	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716		
150	9,8	13,6	16,7	20,9	40,2	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716		
155	10,0	13,7	16,8	20,9	40,3	40,5	0,624	0,624	1,716	1,715		
160	10,1	13,7	16,9	21,0	40,3	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717		
165	10,2	13,7	16,9	21,0	40,2	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717		
170	10,3	13,7	16,9	21,0	40,4	39,9	0,624	0,625	1,715	1,718		
175	10,4	13,9	17,0	21,0	40,4	39,8	0,624	0,625	1,715	1,718		
180	10,4	14,0	17,0	21,0	38,8	39,9	0,627	0,625	1,724	1,718		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F7 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 4 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 4	manhã	5	0,4	0,5	0,8	1,0	39,3	38,8	0,626	0,627	1,721	1,724
		10	1,0	1,6	2,0	2,8	39,8	39,3	0,625	0,626	1,718	1,721
		15	1,5	2,1	2,8	3,2	39,7	39,5	0,625	0,625	1,719	1,720
		20	2,0	2,7	4,1	4,7	40,3	39,4	0,624	0,626	1,716	1,721
		25	2,7	3,7	5,4	7,7	40,2	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718
		30	3,2	4,5	5,9	8,0	40,4	40,0	0,624	0,624	1,715	1,717
		35	3,8	5,2	7,0	9,3	40,5	39,7	0,624	0,625	1,715	1,719
		40	4,2	6,4	8,0	10,6	40,5	39,7	0,624	0,625	1,715	1,719
		45	5,0	6,8	10,0	10,8	40,6	39,8	0,623	0,625	1,714	1,718
		50	5,3	6,9	11,0	13,7	40,7	39,9	0,623	0,625	1,714	1,718
		55	5,6	7,3	11,2	14,2	40,8	39,8	0,623	0,625	1,713	1,718
		60	6,0	8,0	12,0	14,4	40,8	40,3	0,623	0,624	1,713	1,716
		65	6,3	8,8	12,6	14,9	40,7	40,3	0,623	0,624	1,714	1,716
		70	6,3	8,9	12,8	15,1	40,7	40,6	0,623	0,623	1,714	1,714
		75	6,4	8,9	13,0	15,5	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713
		80	6,5	9,5	13,0	15,7	40,5	40,9	0,624	0,623	1,715	1,712
		85	6,7	9,7	13,4	15,9	40,6	40,9	0,623	0,623	1,714	1,712
		90	6,7	9,8	13,4	16,0	40,7	40,6	0,623	0,623	1,714	1,714
		95	6,8	10,1	13,4	16,0	40,0	40,6	0,624	0,623	1,717	1,714
		100	6,8	10,1	13,5	16,1	40,2	40,5	0,624	0,624	1,716	1,715
		105	6,9	10,1	13,5	16,1	40,1	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		110	7,0	10,3	14,0	16,1	40,1	40,6	0,624	0,623	1,717	1,714
		115	7,1	10,3	14,2	16,1	40,4	40,1	0,624	0,624	1,715	1,717
		120	7,2	10,3	14,3	16,5	40,1	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		125	7,2	10,6	14,3	16,8	40,2	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
		130	7,3	10,7	14,4	16,8	39,8	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		135	7,4	10,9	14,5	16,8	40,5	40,2	0,624	0,624	1,715	1,716
		140	7,4	10,9	14,5	17,0	40,2	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
145	7,5	11,0	15,0	17,0	40,4	40,3	0,624	0,624	1,715	1,716		
150	7,5	11,1	15,0	17,0	40,2	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716		
155	7,6	11,1	15,2	17,0	40,2	39,9	0,624	0,625	1,716	1,718		
160	7,7	11,1	15,3	17,2	40,1	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718		
165	7,7	11,1	15,3	17,2	40,2	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718		
170	7,7	11,1	15,4	17,2	40,0	39,9	0,624	0,625	1,717	1,718		
175	7,8	11,3	15,4	17,2	40,0	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716		
180	7,8	11,3	15,4	17,2	38,6	40,2	0,627	0,624	1,725	1,716		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F8 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 4 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 4	tarde	5	0,4	0,6	0,6	0,8	39,0	40,3	0,627	0,624	1,723	1,716
		10	1,0	1,4	1,7	2,2	39,3	40,3	0,626	0,624	1,721	1,716
		15	1,6	3,0	3,2	4,1	39,4	40,2	0,626	0,624	1,721	1,716
		20	2,4	3,9	3,8	5,2	39,2	40,4	0,626	0,624	1,722	1,715
		25	3,3	6,0	5,0	7,2	39,4	40,4	0,626	0,624	1,721	1,715
		30	4,0	7,1	6,7	9,6	40,0	38,8	0,624	0,627	1,717	1,724
		35	4,8	8,7	8,3	10,8	39,7	39,7	0,625	0,625	1,719	1,719
		40	5,2	9,5	9,9	13,3	40,1	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718
		45	5,9	10,2	10,5	13,4	40,3	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716
		50	6,3	10,6	11,7	14,3	40,3	37,9	0,624	0,629	1,716	1,729
		55	7,0	10,8	13,3	16,9	40,2	38,1	0,624	0,628	1,716	1,728
		60	7,2	11,0	14,0	17,1	40,7	39,6	0,623	0,625	1,714	1,720
		65	7,3	11,1	14,6	18,7	40,8	39,5	0,623	0,625	1,713	1,720
		70	7,3	11,2	14,6	18,7	40,6	39,6	0,623	0,625	1,714	1,720
		75	7,4	11,3	14,8	18,9	40,5	39,4	0,624	0,626	1,715	1,721
		80	7,4	11,3	14,8	19,0	40,5	39,4	0,624	0,626	1,715	1,721
		85	7,4	11,6	14,8	19,0	40,4	37,0	0,624	0,631	1,715	1,734
		90	7,5	11,8	15,0	19,5	40,4	38,6	0,624	0,627	1,715	1,725
		95	7,6	11,9	15,0	19,6	40,2	39,0	0,624	0,627	1,716	1,723
		100	7,6	12,0	15,2	19,9	40,1	39,3	0,624	0,626	1,717	1,721
		105	7,6	12,0	15,2	20,7	40,1	39,4	0,624	0,626	1,717	1,721
		110	7,7	12,0	15,3	21,0	40,1	39,2	0,624	0,626	1,717	1,722
		115	7,8	12,0	15,6	21,3	40,2	39,4	0,624	0,626	1,716	1,721
		120	7,9	12,5	15,8	21,3	40,4	40,0	0,624	0,624	1,715	1,717
		125	8,0	12,5	15,9	21,3	40,3	39,7	0,624	0,625	1,716	1,719
		130	8,1	12,5	16,0	21,3	40,1	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		135	8,1	12,6	16,1	21,6	40,1	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
140	8,3	12,6	16,1	21,6	40,3	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716		
145	8,4	12,6	16,8	21,6	40,4	40,2	0,624	0,624	1,715	1,716		
150	8,5	12,6	17,0	21,6	40,3	40,7	0,624	0,623	1,716	1,714		
155	8,5	12,7	17,0	21,7	40,1	40,8	0,624	0,623	1,717	1,713		
160	8,5	12,7	17,0	21,7	40,3	40,6	0,624	0,623	1,716	1,714		
165	8,6	12,7	17,1	21,7	40,5	40,5	0,624	0,624	1,715	1,715		
170	8,6	12,7	17,1	21,7	40,1	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715		
175	8,7	12,7	17,2	21,8	40,3	40,4	0,624	0,624	1,716	1,715		
180	8,8	12,7	17,2	21,8	38,2	40,4	0,628	0,624	1,727	1,715		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F9 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 5 da camada de cobertura pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Ponto 5	manhã	5	0,4	0,5	0,8	1,0	38,7	40,2	0,627	0,624	1,725	1,716
		10	1,0	1,3	2,2	3,5	39,0	40,1	0,627	0,624	1,723	1,717
		15	2,2	2,6	3,9	5,7	39,7	40,1	0,625	0,624	1,719	1,717
		20	2,8	3,8	4,7	7,3	39,8	40,1	0,625	0,624	1,718	1,717
		25	3,1	4,1	5,6	7,9	39,9	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716
		30	3,8	5,3	6,7	8,5	39,6	40,4	0,625	0,624	1,720	1,715
		35	4,3	5,6	7,2	9,4	39,6	40,3	0,625	0,624	1,720	1,716
		40	4,9	6,8	8,8	11,0	39,7	40,1	0,625	0,624	1,719	1,717
		45	5,2	7,0	9,3	12,0	39,8	40,1	0,625	0,624	1,718	1,717
		50	5,9	7,3	10,3	13,2	39,8	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		55	6,3	7,7	11,6	14,7	39,6	40,4	0,625	0,624	1,720	1,715
		60	6,9	9,5	12,7	15,2	40,2	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
		65	7,1	9,8	13,6	16,9	39,9	40,1	0,625	0,624	1,718	1,717
		70	7,6	10,0	13,6	17,5	40,1	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		75	8,3	11,2	13,6	17,6	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		80	8,4	11,6	14,1	17,8	40,0	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		85	8,5	11,8	14,1	17,9	40,3	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
		90	8,5	12,3	14,2	18,3	40,3	38,2	0,624	0,628	1,716	1,727
		95	8,6	12,4	14,2	18,5	40,4	38,7	0,624	0,627	1,715	1,725
		100	8,6	12,7	14,3	18,5	39,9	39,0	0,625	0,627	1,718	1,723
		105	8,7	13,0	14,3	18,7	40,2	39,8	0,624	0,625	1,716	1,718
		110	8,7	13,2	14,5	19,2	39,6	39,8	0,625	0,625	1,720	1,718
		115	8,8	13,2	14,6	19,2	39,7	39,9	0,625	0,625	1,719	1,718
		120	8,9	13,2	14,6	19,3	39,8	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		125	8,9	13,2	14,7	19,3	39,9	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716
		130	9,0	13,2	14,8	19,3	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		135	9,1	13,5	14,8	19,7	40,3	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
140	9,1	13,5	14,8	20,0	40,2	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716		
145	9,2	13,5	15,0	20,0	40,3	40,4	0,624	0,624	1,716	1,715		
150	9,2	13,5	15,0	20,2	40,5	40,4	0,624	0,624	1,715	1,715		
155	9,2	13,6	15,0	20,2	40,0	38,8	0,624	0,627	1,717	1,724		
160	9,3	13,6	15,0	20,2	40,0	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719		
165	9,4	13,6	15,2	20,2	39,9	39,8	0,625	0,625	1,718	1,718		
170	9,4	13,6	15,2	20,2	39,8	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716		
175	9,5	13,7	15,2	20,2	39,9	37,9	0,625	0,629	1,718	1,729		
180	9,6	13,7	15,3	20,2	38,8	38,1	0,627	0,628	1,724	1,728		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE F10 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no Ponto 5 da camada de cobertura pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	1ªC	2ªC
Ponto 5	tarde	5	0,5	0,6	0,9	1,2	39,3	39,6	0,626	0,625	1,721	1,720
		10	1,2	1,6	2,4	3,6	39,5	39,5	0,625	0,625	1,720	1,720
		15	2,2	3,0	3,5	4,4	39,4	39,6	0,626	0,625	1,721	1,720
		20	3,4	5,6	5,0	6,3	39,8	39,4	0,625	0,626	1,718	1,721
		25	4,5	8,3	6,7	8,5	40,0	39,4	0,624	0,626	1,717	1,721
		30	5,5	8,5	8,8	11,1	39,7	37,0	0,625	0,631	1,719	1,734
		35	6,0	9,9	9,9	12,5	39,7	38,6	0,625	0,627	1,719	1,725
		40	6,7	9,9	11,2	14,0	39,8	39,0	0,625	0,627	1,718	1,723
		45	6,9	10,7	12,7	15,1	39,9	39,3	0,625	0,626	1,718	1,721
		50	7,4	11,2	13,6	17,4	39,8	39,4	0,625	0,626	1,718	1,721
		55	7,9	11,4	14,8	18,2	40,3	39,2	0,624	0,626	1,716	1,722
		60	8,2	11,8	15,5	19,2	40,3	39,5	0,624	0,625	1,716	1,720
		65	8,3	12,0	16,0	19,5	40,6	39,4	0,623	0,626	1,714	1,721
		70	8,4	12,5	16,8	19,5	40,8	39,8	0,623	0,625	1,713	1,718
		75	8,7	12,8	17,4	20,2	40,9	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		80	8,7	12,8	17,4	21,1	40,9	39,7	0,623	0,625	1,712	1,719
		85	8,8	13,2	17,6	21,7	40,8	39,7	0,623	0,625	1,713	1,719
		90	9,0	13,3	17,6	21,9	40,9	39,8	0,623	0,625	1,712	1,718
		95	9,0	13,5	17,7	22,1	40,8	39,9	0,623	0,625	1,713	1,718
		100	9,2	13,7	18,0	22,3	40,7	39,8	0,623	0,625	1,714	1,718
		105	9,2	13,8	18,0	22,5	40,6	40,3	0,623	0,624	1,714	1,716
		110	9,3	14,0	18,2	22,6	40,5	40,3	0,624	0,624	1,715	1,716
		115	9,3	14,2	18,2	22,7	40,5	40,6	0,624	0,623	1,715	1,714
		120	9,4	14,4	18,8	23,0	40,3	40,8	0,624	0,623	1,716	1,713
		125	9,5	14,4	18,8	23,0	40,4	40,9	0,624	0,623	1,715	1,712
		130	9,6	14,4	18,8	23,0	40,4	40,9	0,624	0,623	1,715	1,712
		135	9,6	14,4	18,8	23,0	40,8	40,6	0,623	0,623	1,713	1,714
140	9,6	14,6	18,9	23,0	40,6	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715		
145	9,7	14,6	18,9	23,1	40,7	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715		
150	9,8	14,6	18,9	23,1	40,9	40,3	0,623	0,624	1,712	1,716		
155	9,8	14,6	19,0	23,1	40,9	40,4	0,623	0,624	1,712	1,715		
160	9,8	14,7	19,0	23,1	40,8	40,4	0,623	0,624	1,713	1,715		
165	9,9	14,7	19,0	23,2	40,8	40,8	0,623	0,623	1,713	1,713		
170	10,0	14,7	19,1	23,2	40,9	40,6	0,623	0,623	1,712	1,714		
175	10,0	14,7	19,1	23,2	40,8	40,7	0,623	0,623	1,713	1,714		
180	10,1	14,8	19,1	23,2	40,8	40,7	0,623	0,623	1,713	1,714		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE G - Dados das medições do capim Mombaça

Nº DO PERFILHO		Nº DE FOLHAS		1ª CAMPANHA						2ª CAMPANHA						SOMA (cm)		Nº DE DIAS
1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	TAMANHO (cm)						TAMANHO (cm)								
1	1	6	6	11	12	14	15	11	3	11	13	16	8	7	3	66	58	60
2	2	6	6	17	17	12	8	17	3	17	20	15	6	14	3	74	75	60
3	3	6	6	8	8	9	17	18	3	8	8	9	17	18	3	63	63	60
4	4	6	6	13	16	8	7	12	3	18	4	11	2	12	3	59	50	60
5	5	6	6	20	15	6	14	17	3	5	7	10	4	2	3	75	31	60
6	6	6	6	15	16	11	16	6	3	15	16	11	16	6	3	67	67	60
7	7	6	6	13	9	27	11	9	4	12	14	15	11	9	4	73	65	60
8	8	6	6	9	13	12	8	15	5	17	12	8	17	15	5	62	74	60
9	9	6	6	13	12	13	17	7	2	13	12	13	17	7	2	64	64	60
10	10	6	6	11	28	18	4	11	2	11	28	8	7	15	8	74	77	60
11	11	6	6	15	7	17	10	14	2	15	7	17	10	14	2	65	65	60
12	12	6	6	10	17	15	10	12	2	10	17	15	10	12	2	66	66	60
13	13	6	6	4	5	7	10	4	2	4	10	17	9	7	8	32	55	60
14	14	6	6	10	10	5	8	10	2	10	10	5	8	10	2	45	45	60
15	15	6	6	15	8	13	10	11	2	15	8	13	10	11	12	59	69	60
16	16	6	5	6	9	1	7	5	2	8	7	15	8	5		30	43	60
17	17	6	5	13	8	17	9	11	2	17	10	14	2	10		60	53	60
18	18	6	5	8	9	4	9	12	2	15	10	12	2	10		44	49	60
19	19	5	5	6	13	15	10	9		17	9	7	8	12		53	53	60
20	20	5	5	19	15	14	8	9		5	8	10	12	15		65	50	60
21	21	5	5	18	13	15	10	18		13	10	11	12	18		74	64	60
22	22	5	5	15	21	11	14	10		15	21	11	14	10		71	71	60
23	23	5	5	8	16	10	12	10		8	16	10	12	10		56	56	60
24	24	5	5	3	10	8	12	9		13	8	17	9	11		42	58	60
25	25	5	5	3	11	10	19	10		8	9	4	9	12		53	42	60
26	26	5	5	19	7	5	9	14		6	13	15	10	9		54	53	60
27	27	5	5	10	12	5	20	18		19	15	14	8	9		65	65	60
28	28	5	5	10	11	4	13	15		10	11	4	13	15		53	53	60
29	29	5	5	26	10	5	16	17		26	10	5	16	17		74	74	60
30	30	5	5	16	9	16	34	11		16	9	16	34	11		86	86	60
31	31	5	5	22	11	13	21	3		22	11	13	21	3		70	70	60
32	32	5	5	8	11	18	16	4		20	11	19	15	14		57	79	60
33	33	5	4	6	11	17	10	5		20	11	10	11			49	52	60
34	34	5	4	6	15	15	10	2		6	15	15	10			48	46	60
35	35	5	4	9	14	17	10	2		9	14	17	10			52	50	60
36	36	5	4	12	16	11	4	3		12	16	11	4			46	43	60
37	37	4	4	13	15	13	5			13	15	13	5			46	46	60
38	38	4	4	22	14	18	7			22	14	18	7			61	61	60
39	39	4	4	15	19	17	2			15	19	17	2			53	53	60
40	40	4	3	18	8	2	2			18	8	2				30	28	60
41	41	4	2	7	8	2	2			7	8					19	15	60
42		4		7	17	2	2									28		60
43		2		6	12											18		60

APÊNDICE H - Dados das medições do capim Buffel

Nº DO PERFILHO		Nº DE FOLHAS		1ª CAMPANHA					2ª CAMPANHA					SOMA (cm)		Nº DE DIAS
1ºC	2ºC	1ºC	2ºC	TAMANHO (cm)					TAMANHO (cm)							
1	1	5	5	8	9	13	5	6	17	15	11	2	3	41	48	60
2	2	5	5	11	8	7	7	3	8	15	4	14	2	36	43	60
3	3	5	5	4	5	10	8	3	11	2	7	15	13	30	48	60
4	4	5	5	4	9	6	7	3	10	16	17	15	11	29	69	60
5	5	5	5	8	6	8	11	3	5	3	5	17	1	36	31	60
6	6	5	5	9	11	8	8	5	6	8	5	20	5	41	44	60
7	7	5	5	13	7	12	7	6	10	4	9	4	8	45	35	60
8	8	5	5	12	9	11	7	8	21	17	15	11	3	47	67	60
9	9	5	5	19	13	3	7	4	21	10	16	4	6	46	57	60
10	10	5	4	14	9	7	8	8	22	6	14	5		46	47	60
11	11	5	4	10	9	9	6	11	7	6	12	3		45	28	60
12	12	5	4	12	7	8	10	6	10	16	4	7		43	37	60
13	13	5	4	6	9	9	9	9	13	6	6	6		42	31	60
14	14	5	4	10	7	6	6	11	15	14	3	3		40	35	60
15	15	5	4	9	11	10	6	8	19	17	7	3		44	46	60
16	16	5	4	6	12	9	7	9	17	15	11	4		43	47	60
17	17	5	4	16	8	9	7	19	5	17	6	4		59	32	60
18	18	5	4	11	6	4	11	9	8	3	11	8		41	30	60
19	19	4	4	6	9	12	8		3	17	15	11		35	46	60
20	20	4	3	4	9	8	9		10	16	4			30	30	60
21	21	4	3	11	9	9	10		8	6	6			39	20	60
22	22	4	3	8	12	17	6		10	16	4			43	30	60
23	23	4	3	7	9	6	6		17	15	11			28	43	60
24	24	4	3	17	13	10	6		14	10	11			46	35	60
25	25	4	3	11	8	11	2		8	5	8			32	21	60
26	26	4	3	18	5	3	2		15	2	11			28	28	60
27	27	4	2	10	6	7	1		7	3				24	10	60
28	28	3	2	13	12	17			10	9				42	19	60
29	29	3	2	16	14	16			13	11				46	24	60
30	30	2	2	13	22				10	19				35	29	60
31	31	2	1	17	17				14					34	14	60
32		2		9	16									25		60
33		1		9										9		60
34		1		4										4		60

APÊNDICE I - Dados das medições do capim Massai

Nº DO PERFILHO		Nº DE FOLHAS		1ª CAMPANHA					2ª CAMPANHA					SOMA (cm)		Nº DE DIAS
1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	TAMANHO (cm)					TAMANHO (cm)							
1	1	5	5	11	11	11	9	3	12	8	8	6	6	45	40	60
2	2	5	5	12	17	9	19	9	9	15	19	16	6	66	65	60
3	3	5	5	19	14	11	9	9	6	7	14	6	10	62	43	60
4	4	5	5	8	20	9	23	13	5	7	6	2	7	73	27	60
5	5	5	5	10	21	12	9	10	7	18	9	6	6	62	46	60
6	6	5	4	11	7	9	11	9	15	14	6	8		47	43	60
7	7	5	4	9	5	4	12	10	17	9	19	13		40	58	60
8	8	5	4	7	9	10	17	11	19	9	11	16		54	55	60
9	9	5	4	9	10	15	21	2	14	17	12	19		57	62	60
10	10	4	4	11	15	13	11		8	12	5	15		50	40	60
11	11	4	4	13	12	13	16		22	9	5	5		54	41	60
12	12	4	4	7	15	4	14		4	12	22	11		40	49	60
13	13	4	4	8	16	16	14		5	13	13	11		54	42	60
14	14	4	4	9	7	14	12		6	4	11	9		42	30	60
15	15	4	4	12	6	5	11		9	19	13	8		34	49	60
16	16	4	4	12	12	2	9		9	11	16	6		35	42	60
17	17	4	4	14	6	10	12		11	12	19	9		42	51	60
18	18	4	4	13	8	19	6		10	5	9	3		46	27	60
19	19	4	4	14	11	12	14		11	8	2	11		51	32	60
20	20	4	3	15	9	3	11		12	6	18			38	36	60
21	21	4	3	3	14	21	7		19	13	16			45	48	60
22	22	4	3	13	5	19	8		11	16	17			45	44	60
23	23	3	3	14	5	20			12	19	14			39	45	60
24	24	3	3	14	5	17			11	2	18			36	31	60
25	25	3	3	14	13	21			11	10	6			48	27	60
26	26	3	2	17	11	9			14	8				37	22	60
27	27	3	2	11	19	7			8	16				37	24	60
28	28	3	2	10	12	8			7	9				30	16	60
29	29	2	2	12	11				12	8				23	20	60
30	30	2	2	11	9				11	6				20	17	60
31	31	2	2	10	11				7	12				21	19	60
32	32	2	2	12	11				9	16				23	25	60
33	33	2	2	13	12				10	14				25	24	60
34	34	2	2	5	1				2	19				6	21	60
35	35	2	1	13	22				10					35	10	60
36		2		12	12									24		60
37		2		13	11									24		60
38		2		13	13									26		60
39		2		15	14									29		60
40		2		11	13									24		60
41		2		12	12									24		60

APÊNDICE J - Dados das medições do capim Andropogon

Nº DO PERFILHO		Nº DE FOLHAS		1ª CAMPANHA					2ª CAMPANHA					SOMA (cm)		Nº DE DIAS
1ªC	2ªC	1ªC	2ªC	TAMANHO (cm)					TAMANHO (cm)							
1	1	5	5	17	6	5	12	17	10	7	5	11	11	57	44	60
2	2	5	5	11	18	15	8	9	25	22	18	1	3	61	69	60
3	3	5	5	13	11	6	12	8	16	21	14	6	2	50	59	60
4	4	5	5	15	22	14	9	9	17	14	9	14	3	69	57	60
5	5	5	5	15	18	13	11	9	11	20	25	6	11	66	73	60
6	6	5	5	20	3	9	11	9	18	12	9	2	3	52	44	60
7	7	5	5	25	22	9	13	7	27	24	20	6	2	76	79	60
8	8	5	5	14	23	16	10	10	8	17	10	13	4	73	52	60
9	9	5	4	28	31	9	10	6	22	25	24	4		84	75	60
10	10	5	4	6	13	11	17	8	10	15	5	11		55	41	60
11	11	5	4	9	28	24	7	9	25	22	18	10		77	75	60
12	12	5	4	2	7	2	12	9	16	21	14	16		32	67	60
13	13	5	4	7	4	5	20	6	17	14	9	14		42	54	60
14	14	4	4	8	9	20	17		10	4	14	11		54	39	60
15	15	4	4	12	21	20	15		6	15	14	17		68	52	60
16	16	4	4	4	8	22	7		29	20	16	10		41	75	60
17	17	4	4	9	15	25	12		21	24	17	15		61	77	60
18	18	4	3	15	15	24	15		21	24	17			69	62	60
19	19	4	3	27	30	23	17		21	24	17			97	62	60
20	20	4	3	26	6	8	7		20	21	2			47	43	60
21	21	4	3	17	12	15	4		11	6	11			48	28	60
22	22	3	3	14	22	19			8	16	20			55	44	60
23	23	3	3	15	13	11			19	7	5			39	31	60
24	24	3	3	14	16	13			18	10	9			43	37	60
25	25	3	3	13	10	8			17	4	2			31	23	60
26	26	3	3	12	10	9			6	4	9			31	19	60
27	27	3	3	12	11	8			6	5	9			31	20	60
28	28	3	2	8	5	19			12	13				32	25	60
29	29	3	2	12	17	12			6	11				41	17	60
30	30	3	2	6	15	14			10	9				35	19	60
31		2		11	10									21		60
32		2		12	12									24		60
33		2		17	10									27		60

APÊNDICE L1 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Mombaça pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Mombaça	manhã	5	0,2	0,3	0,4	0,6	7,0	5,9	92,4	93,2
		10	0,6	0,8	1,1	1,7	6,9	5,6	91,4	91,9
		15	1,1	1,4	1,9	2,6	6,7	5,3	90,3	90,7
		20	1,4	2,0	2,4	3,4	6,5	5,3	89,7	89,3
		25	1,7	2,4	2,9	4,4	6,4	5,2	89,0	88,0
		30	2,0	2,9	3,5	4,9	6,3	5,1	88,2	87,1
		35	2,3	3,3	3,9	5,5	6,2	5,0	87,6	86,2
		40	2,6	3,8	4,5	6,3	6,1	4,9	86,8	85,0
		45	2,8	4,0	5,0	6,7	6,1	4,9	86,1	84,4
		50	3,1	4,3	5,5	7,4	6,0	4,8	85,4	83,5
		55	3,2	4,4	5,9	7,8	5,8	4,7	85,1	83,1
		60	3,4	4,9	6,4	8,1	5,7	4,6	84,5	82,4
		65	3,7	5,3	6,7	8,6	5,7	4,5	83,9	81,6
		70	3,8	5,3	6,9	8,9	5,6	4,5	83,7	81,3
		75	4,0	5,5	7,0	9,0	5,6	4,5	83,4	81,0
		80	4,2	5,8	7,2	9,4	5,5	4,3	83,1	80,5
		85	4,3	5,9	7,2	9,4	5,5	4,3	83,0	80,4
		90	4,3	6,0	7,3	9,6	5,3	4,1	83,1	80,3
		95	4,4	6,1	7,4	9,9	5,3	4,1	82,9	79,9
		100	4,5	6,3	7,5	10,0	5,1	4,0	82,9	79,7
		105	4,6	6,4	7,5	10,0	5,2	4,0	82,7	79,6
		110	4,6	6,4	7,6	10,1	5,0	3,8	82,8	79,7
		115	4,7	6,6	7,7	10,3	4,9	3,6	82,7	79,5
		120	4,7	6,6	7,8	10,3	4,8	3,5	82,7	79,6
		125	4,8	6,8	7,8	10,4	4,8	3,6	82,6	79,2
		130	4,8	6,8	7,9	10,4	4,8	3,5	82,5	79,3
		135	4,8	6,9	8,0	10,6	4,6	3,4	82,6	79,1
		140	4,8	6,9	8,1	10,7	4,6	3,4	82,5	79,0
		145	4,9	7,0	8,2	10,7	4,6	3,4	82,3	78,9
		150	4,9	7,0	8,2	10,7	4,4	3,3	82,5	79,0
155	4,9	7,1	8,2	10,8	4,4	3,3	82,5	78,8		
160	5,0	7,2	8,3	10,9	4,3	3,1	82,4	78,8		
165	5,0	7,2	8,3	10,9	4,3	3,2	82,4	78,7		
170	5,0	7,2	8,4	10,9	4,2	3,0	82,4	78,9		
175	5,1	7,3	8,4	10,9	4,1	2,9	82,4	78,9		
180	5,1	7,3	8,4	10,9	4,1	3,0	82,4	78,8		

APÊNDICE L2 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Mombaça pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Mombaça	tarde	5	0,2	0,3	0,4	0,5	7,2	6,1	92,2	93,1
		10	0,6	0,8	1,2	1,7	7,0	5,8	91,2	91,7
		15	1,1	1,6	2,0	2,6	6,9	5,7	90,0	90,1
		20	1,6	2,7	2,7	3,6	6,9	5,7	88,8	88,0
		25	2,1	3,7	3,3	4,6	6,7	5,5	87,9	86,2
		30	2,5	3,9	4,3	5,7	6,7	5,4	86,5	85,0
		35	2,8	4,5	4,9	6,3	6,5	5,2	85,8	84,0
		40	3,2	5,0	5,6	7,3	6,5	5,2	84,7	82,5
		45	3,4	5,1	6,1	7,6	6,4	5,1	84,1	82,2
		50	3,7	5,4	6,8	8,1	6,2	5,0	83,3	81,5
		55	4,1	5,7	7,4	9,0	6,2	5,0	82,3	80,3
		60	4,2	5,9	7,7	9,4	6,1	4,9	82,0	79,8
		65	4,3	6,1	8,0	9,9	6,0	4,8	81,7	79,2
		70	4,4	6,3	8,3	10,0	5,9	4,7	81,4	79,0
		75	4,4	6,3	8,5	10,3	5,8	4,7	81,3	78,7
		80	4,5	6,5	8,5	10,5	5,8	4,7	81,2	78,3
		85	4,5	6,5	8,6	10,7	5,7	4,7	81,2	78,1
		90	4,6	6,7	8,8	11,0	5,7	4,7	80,9	77,6
		95	4,7	6,9	8,9	11,1	5,6	4,6	80,8	77,4
		100	4,7	6,9	8,9	11,2	5,5	4,5	80,9	77,4
		105	4,8	7,1	8,9	11,4	5,5	4,5	80,8	77,0
		110	4,8	7,0	9,1	11,6	5,4	4,4	80,7	77,0
		115	4,9	7,1	9,2	11,7	5,2	4,1	80,7	77,1
		120	4,9	7,2	9,3	11,8	5,2	4,3	80,6	76,7
		125	5,0	7,3	9,3	11,7	5,1	4,0	80,6	77,0
		130	5,0	7,3	9,3	11,7	5,1	4,1	80,6	76,9
		135	5,0	7,3	9,4	11,8	4,9	3,9	80,7	77,0
		140	5,1	7,4	9,4	11,8	4,9	3,9	80,6	76,9
		145	5,1	7,3	9,5	11,8	4,8	3,7	80,6	77,2
		150	5,2	7,4	9,6	11,9	4,7	3,6	80,5	77,1
155	5,2	7,4	9,7	11,9	4,6	3,5	80,5	77,2		
160	5,2	7,4	9,7	11,9	4,5	3,5	80,6	77,2		
165	5,3	7,5	9,7	11,9	4,3	3,4	80,7	77,3		
170	5,3	7,5	9,7	11,9	4,3	3,3	80,7	77,4		
175	5,4	7,6	9,8	11,9	4,2	3,3	80,6	77,2		
180	5,4	7,6	9,8	11,9	4,2	3,2	80,6	77,3		

APÊNDICE L3 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Massai pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Massai	manhã	5	0,3	0,4	0,5	0,8	8,2	6,9	91,0	91,9
		10	0,7	0,9	1,3	2,0	8,0	6,5	90,0	90,6
		15	1,3	1,6	2,2	3,0	7,8	6,2	88,7	89,2
		20	1,7	2,4	2,8	4,0	7,6	6,3	87,9	87,3
		25	1,9	2,7	3,4	5,2	7,4	6,0	87,3	86,1
		30	2,4	3,5	4,1	5,8	7,4	5,9	86,1	84,8
		35	2,7	3,9	4,6	6,5	7,2	5,8	85,5	83,8
		40	3,0	4,4	5,2	7,3	7,1	5,7	84,7	82,6
		45	3,3	4,7	5,8	7,8	7,1	5,7	83,8	81,8
		50	3,6	5,0	6,4	8,6	7,0	5,6	83,0	80,8
		55	3,8	5,3	6,9	9,2	6,7	5,4	82,6	80,1
		60	4,0	5,8	7,5	9,5	6,6	5,3	81,9	79,4
		65	4,3	6,2	7,9	10,2	6,6	5,3	81,2	78,3
		70	4,4	6,2	8,0	10,3	6,6	5,3	81,0	78,2
		75	4,7	6,5	8,2	10,5	6,5	5,2	80,6	77,8
		80	4,9	6,8	8,3	10,8	6,4	5,0	80,4	77,4
		85	5,0	6,9	8,5	11,1	6,4	5,0	80,1	77,0
		90	5,0	6,9	8,5	11,2	6,2	4,8	80,3	77,1
		95	5,2	7,2	8,6	11,5	6,1	4,7	80,1	76,6
		100	5,2	7,3	8,7	11,6	6,0	4,7	80,1	76,4
		105	5,3	7,4	8,7	11,6	6,0	4,6	80,0	76,4
		110	5,4	7,5	8,9	11,8	5,9	4,5	79,8	76,1
		115	5,4	7,6	9,0	12,0	5,7	4,2	79,9	76,2
		120	5,5	7,7	9,1	12,0	5,6	4,1	79,8	76,1
		125	5,5	7,8	9,1	12,1	5,6	4,2	79,8	76,0
		130	5,6	8,0	9,2	12,1	5,6	4,1	79,6	75,9
		135	5,6	8,0	9,3	12,3	5,3	3,9	79,8	75,8
		140	5,7	8,2	9,4	12,4	5,4	3,9	79,5	75,5
		145	5,7	8,1	9,5	12,4	5,3	4,0	79,5	75,5
		150	5,7	8,2	9,5	12,5	5,2	3,9	79,6	75,5
155	5,8	8,4	9,6	12,6	5,2	3,9	79,4	75,1		
160	5,8	8,3	9,6	12,6	5,0	3,7	79,6	75,4		
165	5,9	8,5	9,7	12,7	5,0	3,7	79,4	75,1		
170	5,9	8,4	9,8	12,7	4,9	3,5	79,4	75,4		
175	5,9	8,5	9,8	12,7	4,8	3,4	79,5	75,4		
180	6,0	8,6	9,8	12,7	4,8	3,5	79,4	75,3		

APÊNDICE L4 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Massai pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Massai	tarde	5	0,3	0,4	0,5	0,6	8,4	7,1	90,8	91,9
		10	0,7	0,9	1,4	1,9	8,2	6,7	89,7	90,5
		15	1,3	1,9	2,3	3,0	8,0	6,6	88,4	88,5
		20	1,9	3,2	3,1	4,2	8,1	6,6	86,9	86,0
		25	2,4	4,2	3,9	5,4	7,9	6,5	85,8	83,9
		30	2,9	4,6	5,1	6,8	7,8	6,3	84,2	82,3
		35	3,3	5,3	5,7	7,3	7,6	6,1	83,4	81,3
		40	3,7	5,8	6,5	8,4	7,5	6,0	82,3	79,8
		45	4,0	6,0	7,1	8,9	7,5	6,0	81,4	79,1
		50	4,4	6,4	8,0	9,6	7,3	5,9	80,3	78,1
		55	4,7	6,6	8,6	10,4	7,2	5,8	79,5	77,2
		60	4,9	6,9	9,0	11,0	7,1	5,7	79,0	76,4
		65	5,0	7,1	9,3	11,5	7,0	5,6	78,7	75,8
		70	5,1	7,3	9,6	11,6	6,9	5,5	78,4	75,6
		75	5,2	7,4	9,9	12,0	6,8	5,5	78,1	75,1
		80	5,2	7,5	10,0	12,3	6,7	5,4	78,1	74,8
		85	5,3	7,7	10,1	12,5	6,7	5,5	77,9	74,3
		90	5,3	7,7	10,2	12,8	6,6	5,4	77,9	74,1
		95	5,4	7,9	10,3	12,9	6,5	5,3	77,8	73,9
		100	5,5	8,1	10,4	13,1	6,4	5,2	77,7	73,6
		105	5,5	8,1	10,4	13,4	6,4	5,2	77,7	73,3
		110	5,6	8,2	10,6	13,6	6,3	5,1	77,5	73,1
		115	5,7	8,3	10,7	13,6	6,1	4,8	77,5	73,3
		120	5,7	8,4	10,8	13,7	6,1	5,0	77,4	72,9
		125	5,8	8,4	10,9	13,8	6,0	4,8	77,3	73,0
		130	5,8	8,4	10,9	13,7	5,9	4,8	77,4	73,1
		135	5,9	8,6	11,0	13,8	5,8	4,6	77,3	73,0
		140	5,9	8,5	11,0	13,8	5,7	4,5	77,4	73,2
		145	6,0	8,6	11,1	13,8	5,6	4,3	77,3	73,3
		150	6,0	8,6	11,2	13,9	5,5	4,3	77,3	73,2
155	6,1	8,7	11,3	13,9	5,3	4,0	77,3	73,4		
160	6,1	8,7	11,3	13,9	5,2	4,0	77,4	73,4		
165	6,2	8,7	11,3	13,9	5,1	4,0	77,4	73,4		
170	6,2	8,7	11,4	14,0	5,0	3,8	77,4	73,5		
175	6,2	8,7	11,5	14,0	4,9	3,8	77,4	73,5		
180	6,3	8,8	11,5	14,0	4,9	3,8	77,3	73,4		

APÊNDICE L5 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Andropogon pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Andropogon	manhã	5	0,3	0,4	0,3	0,5	10,4	8,7	89,0	90,4
		10	0,4	0,5	1,0	1,5	10,2	8,3	88,4	89,7
		15	0,5	0,6	1,8	2,5	9,9	7,8	87,8	89,1
		20	1,2	1,7	2,2	3,1	9,7	8,0	86,9	87,2
		25	1,6	2,3	3,3	5,1	9,5	7,7	85,6	84,9
		30	2,0	2,9	3,5	4,9	9,4	7,6	85,1	84,6
		35	2,2	3,1	4,0	5,6	9,2	7,3	84,6	84,0
		40	2,8	4,1	4,6	6,4	9,1	7,3	83,5	82,2
		45	3,0	4,3	5,0	6,7	9,0	7,2	83,0	81,8
		50	3,3	4,6	6,2	8,4	8,9	7,1	81,6	79,9
		55	3,6	5,0	6,8	9,0	8,6	6,9	81,0	79,1
		60	4,0	5,8	7,0	8,9	8,4	6,8	80,6	78,5
		65	4,2	6,0	8,2	10,6	8,4	6,7	79,2	76,7
		70	4,3	6,0	9,0	11,6	8,3	6,6	78,4	75,8
		75	4,4	6,1	9,2	11,8	8,2	6,5	78,2	75,6
		80	4,6	6,4	9,4	12,2	8,2	6,4	77,8	75,0
		85	4,7	6,4	9,6	12,5	8,2	6,5	77,5	74,6
		90	4,9	6,8	9,7	12,8	7,9	6,1	77,5	74,3
		95	5,0	7,0	10,0	13,3	7,8	6,0	77,2	73,7
		100	5,5	7,8	10,0	13,3	7,6	5,9	76,9	73,0
		105	5,8	8,1	10,1	13,5	7,7	5,9	76,4	72,5
		110	6,3	8,8	10,2	13,5	7,4	5,7	76,1	72,0
		115	6,4	9,0	10,2	13,6	7,2	5,4	76,2	72,0
		120	6,5	9,1	10,3	13,6	7,2	5,3	76,0	72,0
		125	6,7	9,5	10,4	13,8	7,1	5,3	75,8	71,4
		130	6,9	9,8	10,4	13,7	7,1	5,2	75,6	71,3
		135	7,0	10,0	10,5	13,9	6,8	5,0	75,7	71,1
140	7,1	10,2	10,6	14,0	6,8	5,0	75,5	70,8		
145	7,2	10,3	10,7	14,0	6,8	5,1	75,3	70,6		
150	7,3	10,5	11,0	14,4	6,6	4,9	75,1	70,2		
155	7,3	10,6	11,1	14,6	6,6	4,9	75,0	69,9		
160	7,3	10,5	11,2	14,7	6,4	4,7	75,1	70,1		
165	7,5	10,7	11,3	14,8	6,4	4,8	74,8	69,7		
170	7,5	10,7	11,6	15,1	6,2	4,4	74,7	69,8		
175	7,5	10,7	11,7	15,2	6,1	4,4	74,7	69,7		
180	7,6	10,9	12,0	15,6	6,1	4,4	74,3	69,1		

APÊNDICE L6 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Andropogon pela tarde

Local	Turno	L.M	(% <i>)</i> na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Andropogon	tarde	5	0,3	0,4	0,7	0,9	10,6	8,9	88,4	89,8
		10	0,9	1,2	1,7	2,3	10,4	8,6	87,0	87,9
		15	1,7	2,5	2,9	3,8	10,2	8,4	85,2	85,3
		20	2,4	4,0	4,0	5,4	10,3	8,5	83,3	82,1
		25	3,1	5,4	4,9	6,8	10,3	8,5	81,7	79,3
		30	3,7	5,8	6,4	8,5	10,3	8,4	79,6	77,3
		35	4,1	6,6	7,2	9,2	10,3	8,2	78,4	76,0
		40	4,7	7,3	8,3	10,8	10,3	8,3	76,7	73,6
		45	5,1	7,7	9,0	11,3	9,6	7,7	76,3	73,3
		50	5,5	8,1	10,1	12,1	9,3	7,5	75,1	72,3
		55	6,0	8,4	10,9	13,2	9,1	7,4	74,0	71,0
		60	6,3	8,8	11,5	14,0	9,1	7,3	73,1	69,9
		65	6,4	9,1	11,8	14,6	8,9	7,1	72,9	69,2
		70	6,5	9,3	12,3	14,9	8,8	7,0	72,4	68,8
		75	6,6	9,4	12,6	15,3	8,7	7,0	72,1	68,3
		80	6,6	9,5	12,7	15,6	8,6	6,9	72,1	68,0
		85	6,7	9,7	12,8	15,9	8,5	7,0	72,0	67,4
		90	6,8	9,9	13,0	16,3	8,4	6,9	71,8	66,9
		95	6,9	10,1	13,2	16,5	8,3	6,8	71,6	66,6
		100	7,0	10,3	13,2	16,6	8,2	6,7	71,6	66,4
		105	7,0	10,3	13,3	17,1	8,1	6,6	71,6	66,0
		110	7,2	10,5	13,4	17,1	8,0	6,5	71,4	65,9
		115	7,2	10,5	13,6	17,3	7,7	6,1	71,5	66,1
		120	7,3	10,8	13,8	17,4	7,7	6,3	71,2	65,5
		125	7,4	10,8	13,8	17,4	7,6	6,0	71,2	65,8
		130	7,4	10,8	13,9	17,5	7,5	6,1	71,2	65,6
		135	7,5	10,9	13,9	17,5	7,3	5,8	71,3	65,8
		140	7,5	10,9	14,0	17,6	7,3	5,8	71,2	65,7
		145	7,6	10,9	14,2	17,7	7,1	5,5	71,1	65,9
		150	7,7	11,0	14,2	17,6	6,9	5,3	71,2	66,1
155	7,7	11,0	14,3	17,6	6,8	5,1	71,2	66,3		
160	7,8	11,1	14,4	17,7	6,6	5,1	71,2	66,1		
165	7,8	11,0	14,4	17,7	6,4	5,0	71,4	66,3		
170	7,9	11,1	14,5	17,8	6,3	4,8	71,3	66,3		
175	7,9	11,1	14,6	17,8	6,3	4,9	71,2	66,2		
180	8,0	11,2	14,6	17,8	6,2	4,8	71,2	66,2		

APÊNDICE L7 - Concentração dos gases no solo cultivado com grama Bermuda pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Bermuda	manhã	5	0,1	0,1	0,3	0,5	10,6	8,9	89,0	90,5
		10	0,4	0,5	1,0	1,5	10,4	8,5	88,2	89,5
		15	0,8	1,0	1,4	1,9	10,1	8,0	87,7	89,1
		20	1,1	1,5	2,6	3,7	9,9	8,1	86,4	86,7
		25	1,8	2,6	3,0	4,6	9,7	7,9	85,5	84,9
		30	1,9	2,7	3,3	4,6	9,6	7,7	85,2	85,0
		35	2,0	2,9	3,7	5,2	9,4	7,5	84,9	84,4
		40	2,3	3,4	4,0	5,6	9,3	7,4	84,4	83,6
		45	2,4	3,4	4,4	5,9	9,2	7,3	84,0	83,4
		50	2,5	3,5	5,0	6,7	9,1	7,3	83,4	82,5
		55	3,0	4,1	6,0	8,0	8,8	7,1	82,2	80,8
		60	3,4	4,9	7,0	8,9	8,6	7,0	81,0	79,2
		65	4,1	5,9	8,0	10,3	8,6	6,8	79,3	77,0
		70	4,8	6,7	9,4	12,1	8,5	6,8	77,3	74,4
		75	5,0	6,9	9,6	12,3	8,4	6,7	77,0	74,1
		80	5,3	7,3	9,7	12,6	8,3	6,5	76,7	73,6
		85	6,0	8,2	10,0	13,0	8,3	6,5	75,7	72,3
		90	6,3	8,7	10,2	13,5	8,1	6,2	75,4	71,6
		95	6,6	9,2	10,2	13,6	8,0	6,2	75,2	71,0
		100	6,8	9,6	10,4	13,8	7,8	6,1	75,0	70,5
		105	6,8	9,5	10,5	14,0	7,8	6,0	74,9	70,5
		110	7,0	9,8	10,7	14,2	7,6	5,8	74,7	70,2
		115	7,1	10,0	11,6	15,5	7,4	5,5	73,9	69,0
		120	7,1	10,0	11,6	15,4	7,3	5,4	74,0	69,2
		125	7,2	10,2	11,6	15,4	7,3	5,4	73,9	69,0
		130	7,3	10,4	11,9	15,7	7,2	5,2	73,6	68,7
		135	7,3	10,4	11,9	15,8	6,9	5,1	73,9	68,7
140	7,4	10,6	11,9	15,7	7,0	5,1	73,7	68,6		
145	7,4	10,5	11,9	15,6	6,9	5,1	73,8	68,8		
150	7,5	10,7	12,4	16,3	6,7	5,0	73,4	68,0		
155	7,5	10,8	12,5	16,4	6,7	5,0	73,3	67,8		
160	7,6	10,9	12,5	16,4	6,6	4,8	73,3	67,9		
165	7,6	10,9	12,6	16,5	6,5	4,8	73,3	67,8		
170	7,6	10,9	12,6	16,4	6,4	4,6	73,4	68,1		
175	7,7	11,0	12,7	16,5	6,2	4,4	73,4	68,1		
180	7,7	11,0	12,7	16,5	6,2	4,5	73,4	68,0		

APÊNDICE L8 - Concentração dos gases no solo cultivado com grama Bermuda pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Bermuda	tarde	5	0,3	0,4	0,7	0,9	10,9	9,2	88,1	89,5
		10	1,0	0,3	1,8	2,5	10,6	8,7	86,6	88,5
		15	1,7	2,5	3,0	4,0	10,4	8,5	84,9	85,0
		20	2,4	4,0	4,1	5,5	10,5	8,6	83,0	81,9
		25	3,1	5,4	5,1	7,1	10,2	8,4	81,6	79,1
		30	3,8	6,0	6,6	8,7	10,1	8,2	79,5	77,1
		35	4,2	6,8	7,4	9,5	9,9	7,9	78,5	75,8
		40	4,8	7,5	8,4	10,9	9,8	7,9	77,0	73,7
		45	5,2	7,9	9,2	11,5	9,8	7,9	75,8	72,7
		50	5,7	8,4	10,4	12,4	9,5	7,6	74,4	71,6
		55	6,2	8,7	11,2	13,6	9,3	7,5	73,3	70,2
		60	6,4	9,0	11,7	14,3	9,3	7,4	72,6	69,3
		65	6,5	9,2	12,1	14,9	9,1	7,3	72,3	68,6
		70	6,6	9,5	12,5	15,1	9,0	7,2	71,9	68,2
		75	6,7	9,6	12,9	15,7	8,9	7,2	71,5	67,5
		80	6,8	9,7	13,0	16,0	8,8	7,1	71,4	67,2
		85	6,8	9,9	13,1	16,3	8,7	7,2	71,4	66,6
		90	7,0	10,2	13,3	16,6	8,6	7,1	71,1	66,1
		95	7,1	10,4	13,5	16,9	8,5	7,0	70,9	65,7
		100	7,2	10,6	13,5	17,0	8,4	6,9	70,9	65,5
		105	7,2	10,6	13,6	17,5	8,3	6,8	70,9	65,1
		110	7,3	10,7	13,7	17,5	8,2	6,7	70,8	65,1
		115	7,4	10,8	13,9	17,7	7,9	6,3	70,8	65,2
		120	7,4	10,9	14,1	17,8	7,9	6,5	70,6	64,8
		125	7,6	11,1	14,1	17,8	7,8	6,2	70,5	64,9
		130	7,6	11,0	14,2	17,9	7,7	6,2	70,5	64,9
		135	7,6	11,0	14,3	18,0	7,5	6,0	70,6	65,0
		140	7,7	11,1	14,3	17,9	7,4	5,9	70,6	65,1
		145	7,8	11,2	14,5	18,0	7,2	5,6	70,5	65,2
		150	7,8	11,2	14,5	17,9	7,1	5,5	70,6	65,4
155	7,9	11,2	14,7	18,1	6,9	5,2	70,5	65,5		
160	7,9	11,3	14,7	18,1	6,8	5,3	70,6	65,3		
165	8,0	11,3	14,7	18,1	6,6	5,2	70,7	65,4		
170	8,1	11,4	14,8	18,2	6,5	4,9	70,6	65,5		
175	8,1	11,4	14,9	18,2	6,4	5,0	70,6	65,4		
180	8,2	11,5	14,9	18,2	6,4	4,9	70,5	65,4		

APÊNDICE L9 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Buffel pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Buffel	manhã	5	0,2	0,3	0,6	0,9	11,2	9,4	88,0	89,4
		10	0,8	1,1	1,7	2,6	11,0	9,0	86,5	87,3
		15	1,3	1,6	3,0	4,1	10,7	8,5	85,0	85,8
		20	1,7	2,4	3,8	5,4	10,4	8,6	84,1	83,6
		25	2,0	2,9	4,6	7,0	10,2	8,3	83,2	81,8
		30	2,1	3,0	5,6	7,9	10,2	8,2	82,1	80,9
		35	2,8	4,0	6,3	8,8	9,9	7,9	81,0	79,3
		40	3,0	4,4	7,2	10,1	9,8	7,8	80,0	77,7
		45	3,6	5,1	8,0	10,8	9,7	7,7	78,7	76,4
		50	3,6	5,0	8,8	11,9	9,6	7,7	78,0	75,4
		55	4,0	5,5	9,4	12,5	9,2	7,4	77,4	74,6
		60	4,4	6,4	10,3	13,0	9,1	7,4	76,2	73,2
		65	5,0	7,2	10,8	13,9	9,0	7,2	75,2	71,7
		70	5,3	7,4	11,0	14,2	9,0	7,2	74,7	71,2
		75	6,0	8,3	11,3	14,5	8,9	7,1	73,8	70,1
		80	6,3	8,7	11,4	14,8	8,8	6,8	73,5	69,7
		85	6,8	9,3	11,6	15,1	8,8	6,9	72,8	68,7
		90	6,9	9,6	11,7	15,4	8,5	6,5	72,9	68,5
		95	7,1	9,9	11,8	15,7	8,4	6,5	72,7	67,9
		100	7,2	10,1	11,9	15,8	8,2	6,4	72,7	67,7
		105	7,3	10,2	12,0	16,0	8,3	6,4	72,4	67,4
		110	7,4	10,3	12,2	16,2	8,0	6,1	72,4	67,4
		115	7,5	10,6	12,3	16,4	7,8	5,8	72,4	67,2
		120	7,5	10,6	12,5	16,6	7,7	5,7	72,3	67,1
		125	7,6	10,7	12,5	16,6	7,7	5,8	72,2	66,9
		130	7,6	10,8	12,7	16,7	7,6	5,5	72,1	67,0
		135	7,6	10,9	12,7	16,9	7,3	5,4	72,4	66,8
140	7,8	11,2	12,9	17,0	7,4	5,4	71,9	66,4		
145	7,9	11,2	13,1	17,1	7,3	5,4	71,7	66,3		
150	7,9	11,3	13,1	17,2	7,1	5,3	71,9	66,2		
155	7,9	11,4	13,2	17,3	7,1	5,3	71,8	66,0		
160	7,9	11,4	13,2	17,3	6,9	5,0	72,0	66,3		
165	7,9	11,3	13,3	17,4	6,9	5,1	71,9	66,2		
170	8,1	11,6	13,4	17,4	6,7	4,8	71,8	66,2		
175	8,1	11,6	13,4	17,4	6,5	4,7	72,0	66,3		
180	8,2	11,7	13,4	17,4	6,5	4,7	71,9	66,2		

APÊNDICE L10 - Concentração dos gases no solo cultivado com capim Buffel pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa							
			CH ₄		CO ₂		O ₂		OG	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Buffel	tarde	5	0,4	0,6	0,7	0,9	11,5	9,7	87,4	88,8
		10	1,0	1,3	1,9	2,6	11,2	9,2	85,9	86,9
		15	1,8	2,6	3,1	4,1	11,0	9,0	84,1	84,3
		20	2,6	4,3	4,3	5,8	11,1	9,1	82,0	80,8
		25	3,3	5,7	5,3	7,3	10,8	8,9	80,6	78,1
		30	4,0	6,3	6,9	9,1	10,7	8,0	78,4	76,6
		35	4,6	6,5	7,8	10,0	10,5	8,4	77,1	81,1
		40	5,0	7,8	8,9	11,5	10,3	8,3	75,8	77,4
		45	5,5	8,3	9,7	12,2	10,3	8,3	74,5	71,2
		50	6,0	8,8	10,9	13,0	1,0	8,0	82,1	70,2
		55	6,5	9,1	11,8	14,3	9,8	7,9	71,9	68,7
		60	6,8	9,5	12,4	15,1	9,8	7,8	71,0	67,5
		65	6,9	9,8	12,8	15,8	9,6	7,7	70,7	66,7
		70	7,0	10,0	13,2	16,0	9,4	7,5	70,4	66,5
		75	7,1	10,1	13,6	16,5	9,4	7,6	69,9	65,8
		80	7,2	10,3	13,7	16,9	9,2	7,4	69,9	65,4
		85	7,2	10,5	13,8	17,1	9,1	7,5	69,9	64,9
		90	7,3	10,7	14,0	17,5	9,1	7,5	69,6	64,3
		95	7,4	10,8	14,2	17,7	9,0	7,4	69,4	64,1
		100	7,5	11,0	14,3	18,0	8,8	7,2	69,4	63,8
		105	7,6	11,2	14,3	18,4	8,8	7,2	69,3	63,2
		110	7,7	11,3	14,5	18,5	8,6	7,0	69,2	63,2
		115	7,8	11,4	14,7	18,7	8,4	6,7	69,1	63,2
		120	7,9	11,7	14,8	18,7	8,3	6,8	69,0	62,7
		125	8,0	11,6	14,9	18,8	8,2	6,5	68,9	63,1
		130	8,0	11,6	14,9	18,8	8,1	6,6	69,0	63,1
		135	8,1	11,8	15,0	18,9	7,9	6,3	69,0	63,0
		140	8,1	11,7	15,1	18,9	7,9	6,3	68,9	63,1
		145	8,2	11,8	15,3	19,0	7,6	5,9	68,9	63,3
		150	8,3	11,9	15,3	18,9	7,5	5,8	68,9	63,4
155	8,4	12,0	15,5	19,1	7,3	5,5	68,8	63,4		
160	8,4	12,0	15,5	19,1	7,2	5,6	68,9	63,4		
165	8,5	12,0	15,6	19,2	7,0	5,5	68,9	63,4		
170	8,5	12,0	15,6	19,1	6,8	5,2	69,1	63,7		
175	8,6	12,1	15,7	19,1	6,8	5,3	68,9	63,4		
180	8,6	12,0	15,7	19,1	6,7	5,1	69,0	63,7		

APÊNDICE M1 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Mombaça pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Mombaça	manhã	5	0,2	0,3	0,4	0,6	37,8	38,9	0,629	0,627	1,730	1,723
		10	0,6	0,8	1,1	1,7	38,1	38,4	0,628	0,628	1,728	1,726
		15	1,1	1,4	1,9	2,6	38,9	38,9	0,627	0,627	1,723	1,723
		20	1,4	2,0	2,4	3,4	38,4	39,1	0,628	0,626	1,726	1,722
		25	1,7	2,4	2,9	4,4	38,9	39,7	0,627	0,625	1,723	1,719
		30	2,0	2,9	3,5	4,9	39,1	39,7	0,626	0,625	1,722	1,719
		35	2,3	3,3	3,9	5,5	39,7	39,6	0,625	0,625	1,719	1,720
		40	2,6	3,8	4,5	6,3	39,7	39,9	0,625	0,625	1,719	1,718
		45	2,8	4,0	5,0	6,7	39,6	39,9	0,625	0,625	1,720	1,718
		50	3,1	4,3	5,5	7,4	39,9	40,0	0,625	0,624	1,718	1,717
		55	3,2	4,4	5,9	7,8	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		60	3,4	4,9	6,4	8,1	40,0	40,4	0,624	0,624	1,717	1,715
		65	3,7	5,3	6,7	8,6	40,3	40,2	0,624	0,624	1,716	1,716
		70	3,8	5,3	6,9	8,9	40,4	40,1	0,624	0,624	1,715	1,717
		75	4,0	5,5	7,0	9,0	40,2	40,1	0,624	0,624	1,716	1,717
		80	4,2	5,8	7,2	9,4	40,1	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		85	4,3	5,9	7,2	9,4	40,1	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		90	4,3	6,0	7,3	9,6	40,0	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		95	4,4	6,1	7,4	9,9	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		100	4,5	6,3	7,5	10,0	40,1	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		105	4,6	6,4	7,5	10,0	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		110	4,6	6,4	7,6	10,1	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		115	4,7	6,6	7,7	10,3	40,0	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		120	4,7	6,6	7,8	10,3	40,1	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720
125	4,8	6,8	7,8	10,4	40,2	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717		
130	4,8	6,8	7,9	10,4	40,1	39,4	0,624	0,626	1,717	1,721		
135	4,8	6,9	8,0	10,6	39,9	39,4	0,625	0,626	1,718	1,721		
140	4,8	6,9	8,1	10,7	39,9	39,5	0,625	0,625	1,718	1,720		
145	4,9	7,0	8,2	10,7	40,1	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720		
150	4,9	7,0	8,2	10,7	40,2	39,6	0,624	0,625	1,716	1,720		
155	4,9	7,1	8,2	10,8	40,1	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717		
160	5,0	7,2	8,3	10,9	39,9	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719		
165	5,0	7,2	8,3	10,9	40,1	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718		
170	5,0	7,2	8,4	10,9	40,3	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717		
175	5,1	7,3	8,4	10,9	40,4	40,0	0,624	0,624	1,715	1,717		
180	5,1	7,3	8,4	10,9	40,4	39,9	0,624	0,625	1,715	1,718		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M2 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Mombaça pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Mombaça	tarde	5	0,2	0,3	0,4	0,5	37,4	39,9	0,630	0,625	1,732	1,718
		10	0,6	0,8	1,2	1,7	38,0	39,7	0,629	0,625	1,728	1,719
		15	1,1	1,6	2,0	2,6	38,0	39,7	0,629	0,625	1,728	1,719
		20	1,6	2,7	2,7	3,6	38,2	40,0	0,628	0,624	1,727	1,717
		25	2,1	3,7	3,3	4,6	38,7	39,7	0,627	0,625	1,725	1,719
		30	2,5	3,9	4,3	5,7	38,9	39,9	0,627	0,625	1,723	1,718
		35	2,8	4,5	4,9	6,3	38,7	39,7	0,627	0,625	1,725	1,719
		40	3,2	5,0	5,6	7,3	38,8	39,6	0,627	0,625	1,724	1,720
		45	3,4	5,1	6,1	7,6	39,0	40,0	0,627	0,624	1,723	1,717
		50	3,7	5,4	6,8	8,1	39,7	40,0	0,625	0,624	1,719	1,717
		55	4,1	5,7	7,4	9,0	39,6	40,1	0,625	0,624	1,720	1,717
		60	4,2	5,9	7,7	9,4	39,7	39,8	0,625	0,625	1,719	1,718
		65	4,3	6,1	8,0	9,9	40,3	39,7	0,624	0,625	1,716	1,719
		70	4,4	6,3	8,3	10,0	40,0	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718
		75	4,4	6,3	8,5	10,3	40,2	39,6	0,624	0,625	1,716	1,720
		80	4,5	6,5	8,5	10,5	40,1	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720
		85	4,5	6,5	8,6	10,7	40,1	37,2	0,624	0,630	1,717	1,733
		90	4,6	6,7	8,8	11,0	40,0	38,0	0,624	0,629	1,717	1,728
		95	4,7	6,9	8,9	11,1	40,0	38,3	0,624	0,628	1,717	1,727
		100	4,7	6,9	8,9	11,2	40,1	38,9	0,624	0,627	1,717	1,723
		105	4,8	7,1	8,9	11,4	39,6	38,8	0,625	0,627	1,720	1,724
		110	4,8	7,0	9,1	11,6	40,0	39,0	0,624	0,627	1,717	1,723
		115	4,9	7,1	9,2	11,7	39,4	38,6	0,626	0,627	1,721	1,725
		120	4,9	7,2	9,3	11,8	39,4	38,6	0,626	0,627	1,721	1,725
		125	5,0	7,3	9,3	11,7	39,5	38,7	0,625	0,627	1,720	1,725
		130	5,0	7,3	9,3	11,7	39,6	38,8	0,625	0,627	1,720	1,724
		135	5,0	7,3	9,4	11,8	39,6	38,8	0,625	0,627	1,720	1,724
140	5,1	7,4	9,4	11,8	40,0	38,9	0,624	0,627	1,717	1,723		
145	5,1	7,3	9,5	11,8	39,7	39,5	0,625	0,625	1,719	1,720		
150	5,2	7,4	9,6	11,9	39,8	39,2	0,625	0,626	1,718	1,722		
155	5,2	7,4	9,7	11,9	40,0	39,4	0,624	0,626	1,717	1,721		
160	5,2	7,4	9,7	11,9	40,0	39,3	0,624	0,626	1,717	1,721		
165	5,3	7,5	9,7	11,9	39,9	39,3	0,625	0,626	1,718	1,721		
170	5,3	7,5	9,7	11,9	39,9	39,6	0,625	0,625	1,718	1,720		
175	5,4	7,6	9,8	11,9	40,0	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720		
180	5,4	7,6	9,8	11,9	40,4	39,7	0,624	0,625	1,715	1,719		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M3 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Massai pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Massai	manhã	5	0,3	0,4	0,5	0,8	38,1	39,2	0,628	0,626	1,728	1,722
		10	0,7	0,9	1,3	2,0	38,3	39,6	0,628	0,625	1,727	1,720
		15	1,3	1,6	2,2	3,0	38,8	40,4	0,627	0,624	1,724	1,715
		20	1,7	2,4	2,8	4,0	39,0	40,4	0,627	0,624	1,723	1,715
		25	1,9	2,7	3,4	5,2	39,2	37,4	0,626	0,630	1,722	1,732
		30	2,4	3,5	4,1	5,8	39,0	38,0	0,627	0,629	1,723	1,728
		35	2,7	3,9	4,6	6,5	39,3	38,0	0,626	0,629	1,721	1,728
		40	3,0	4,4	5,2	7,3	39,6	38,2	0,625	0,628	1,720	1,727
		45	3,3	4,7	5,8	7,8	39,8	38,7	0,625	0,627	1,718	1,725
		50	3,6	5,0	6,4	8,6	39,9	38,9	0,625	0,627	1,718	1,723
		55	3,8	5,3	6,9	9,2	40,0	38,7	0,624	0,627	1,717	1,725
		60	4,0	5,8	7,5	9,5	40,1	38,8	0,624	0,627	1,717	1,724
		65	4,3	6,2	7,9	10,2	40,1	39,0	0,624	0,627	1,717	1,723
		70	4,4	6,2	8,0	10,3	40,0	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719
		75	4,7	6,5	8,2	10,5	40,0	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720
		80	4,9	6,8	8,3	10,8	39,8	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		85	5,0	6,9	8,5	11,1	39,8	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		90	5,0	6,9	8,5	11,2	39,9	40,0	0,625	0,624	1,718	1,717
		95	5,2	7,2	8,6	11,5	40,0	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
		100	5,2	7,3	8,7	11,6	39,6	40,1	0,625	0,624	1,720	1,717
		105	5,3	7,4	8,7	11,6	39,8	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		110	5,4	7,5	8,9	11,8	39,7	39,7	0,625	0,625	1,719	1,719
		115	5,4	7,6	9,0	12,0	39,7	40,0	0,625	0,624	1,719	1,717
		120	5,5	7,7	9,1	12,0	40,0	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719
		125	5,5	7,8	9,1	12,1	39,7	39,9	0,625	0,625	1,719	1,718
		130	5,6	8,0	9,2	12,1	39,9	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719
		135	5,6	8,0	9,3	12,3	39,7	39,6	0,625	0,625	1,719	1,720
140	5,7	8,2	9,4	12,4	39,6	40,0	0,625	0,624	1,720	1,717		
145	5,7	8,1	9,5	12,4	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717		
150	5,7	8,2	9,5	12,5	40,0	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717		
155	5,8	8,4	9,6	12,6	40,1	39,8	0,624	0,625	1,717	1,718		
160	5,8	8,3	9,6	12,6	39,8	39,7	0,625	0,625	1,718	1,719		
165	5,9	8,5	9,7	12,7	39,7	39,8	0,625	0,625	1,719	1,718		
170	5,9	8,4	9,8	12,7	39,8	39,6	0,625	0,625	1,718	1,720		
175	5,9	8,5	9,8	12,7	39,6	39,6	0,625	0,625	1,720	1,720		
180	6,0	8,6	9,8	12,7	39,6	37,2	0,625	0,630	1,720	1,733		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M4 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Massai pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Massai	tarde	5	0,3	0,4	0,5	0,6	37,2	38,0	0,630	0,629	1,733	1,728
		10	0,7	0,9	1,4	1,9	38,0	38,3	0,629	0,628	1,728	1,727
		15	1,3	1,9	2,3	3,0	38,3	39,1	0,628	0,626	1,727	1,722
		20	1,9	3,2	3,1	4,2	38,9	39,2	0,627	0,626	1,723	1,722
		25	2,4	4,2	3,9	5,4	38,8	39,3	0,627	0,626	1,724	1,721
		30	2,9	4,6	5,1	6,8	39,0	39,3	0,627	0,626	1,723	1,721
		35	3,3	5,3	5,7	7,3	38,6	39,0	0,627	0,627	1,725	1,723
		40	3,7	5,8	6,5	8,4	38,6	39,2	0,627	0,626	1,725	1,722
		45	4,0	6,0	7,1	8,9	38,7	39,2	0,627	0,626	1,725	1,722
		50	4,4	6,4	8,0	9,6	38,8	39,4	0,627	0,626	1,724	1,721
		55	4,7	6,6	8,6	10,4	38,8	39,2	0,627	0,626	1,724	1,722
		60	4,9	6,9	9,0	11,0	38,9	38,8	0,627	0,627	1,723	1,724
		65	5,0	7,1	9,3	11,5	39,5	38,7	0,625	0,627	1,720	1,725
		70	5,1	7,3	9,6	11,6	39,2	38,8	0,626	0,627	1,722	1,724
		75	5,2	7,4	9,9	12,0	39,4	39,0	0,626	0,627	1,721	1,723
		80	5,2	7,5	10,0	12,3	39,3	38,6	0,626	0,627	1,721	1,725
		85	5,3	7,7	10,1	12,5	39,3	39,0	0,626	0,627	1,721	1,723
		90	5,3	7,7	10,2	12,8	39,6	39,2	0,625	0,626	1,720	1,722
		95	5,4	7,9	10,3	12,9	39,6	38,8	0,625	0,627	1,720	1,724
		100	5,5	8,1	10,4	13,1	39,7	39,3	0,625	0,626	1,719	1,721
		105	5,5	8,1	10,4	13,4	39,2	39,5	0,626	0,625	1,722	1,720
		110	5,6	8,2	10,6	13,6	39,6	40,0	0,625	0,624	1,720	1,717
		115	5,7	8,3	10,7	13,6	39,0	40,0	0,627	0,624	1,723	1,717
		120	5,7	8,4	10,8	13,7	39,1	40,1	0,626	0,624	1,722	1,717
125	5,8	8,4	10,9	13,8	39,2	39,7	0,626	0,625	1,722	1,719		
130	5,8	8,4	10,9	13,7	39,3	39,2	0,626	0,626	1,721	1,722		
135	5,9	8,6	11,0	13,8	39,3	39,3	0,626	0,626	1,721	1,721		
140	5,9	8,5	11,0	13,8	39,0	39,9	0,627	0,625	1,723	1,718		
145	6,0	8,6	11,1	13,8	39,2	39,6	0,626	0,625	1,722	1,720		
150	6,0	8,6	11,2	13,9	39,2	40,0	0,626	0,624	1,722	1,717		
155	6,1	8,7	11,3	13,9	39,4	40,0	0,626	0,624	1,721	1,717		
160	6,1	8,7	11,3	13,9	39,2	40,1	0,626	0,624	1,722	1,717		
165	6,2	8,7	11,3	13,9	38,8	39,8	0,627	0,625	1,724	1,718		
170	6,2	8,7	11,4	14,0	38,7	39,7	0,627	0,625	1,725	1,719		
175	6,2	8,7	11,5	14,0	38,8	39,8	0,627	0,625	1,724	1,718		
180	6,3	8,8	11,5	14,0	39,0	39,6	0,627	0,625	1,723	1,720		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M5 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Andropogon pela manhã

Local	Turno	L.M	(% na placa)				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Andropogon	manhã	5	0,3	0,4	0,3	0,5	38,6	39,6	0,627	0,625	1,725	1,720
		10	0,4	0,5	1,0	1,5	39,0	37,2	0,627	0,630	1,723	1,733
		15	0,5	0,6	1,8	2,5	39,2	38,0	0,626	0,629	1,722	1,728
		20	1,2	1,7	2,2	3,1	38,8	38,3	0,627	0,628	1,724	1,727
		25	1,6	2,3	3,3	5,1	39,3	38,9	0,626	0,627	1,721	1,723
		30	2,0	2,9	3,5	4,9	39,5	38,8	0,625	0,627	1,720	1,724
		35	2,2	3,1	4,0	5,6	40,0	40,4	0,624	0,624	1,717	1,715
		40	2,8	4,1	4,6	6,4	40,0	37,4	0,624	0,630	1,717	1,732
		45	3,0	4,3	5,0	6,7	40,1	38,0	0,624	0,629	1,717	1,728
		50	3,3	4,6	6,2	8,4	39,7	38,0	0,625	0,629	1,719	1,728
		55	3,6	5,0	6,8	9,0	39,2	38,2	0,626	0,628	1,722	1,727
		60	4,0	5,8	7,0	8,9	39,3	38,7	0,626	0,627	1,721	1,725
		65	4,2	6,0	8,2	10,6	39,9	38,9	0,625	0,627	1,718	1,723
		70	4,3	6,0	9,0	11,6	39,6	38,7	0,625	0,627	1,720	1,725
		75	4,4	6,1	9,2	11,8	39,8	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		80	4,6	6,4	9,4	12,2	39,7	39,0	0,625	0,627	1,719	1,723
		85	4,7	6,4	9,6	12,5	39,7	39,7	0,625	0,625	1,719	1,719
		90	4,9	6,8	9,7	12,8	40,1	39,6	0,624	0,625	1,717	1,720
		95	5,0	7,0	10,0	13,3	40,1	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719
		100	5,5	7,8	10,0	13,3	40,2	39,3	0,624	0,626	1,716	1,721
		105	5,8	8,1	10,1	13,5	39,7	39,5	0,625	0,625	1,719	1,720
		110	6,3	8,8	10,2	13,5	40,1	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		115	6,4	9,0	10,2	13,6	39,5	40,0	0,625	0,624	1,720	1,717
		120	6,5	9,1	10,3	13,6	39,6	40,1	0,625	0,624	1,720	1,717
125	6,7	9,5	10,4	13,8	39,7	40,2	0,625	0,624	1,719	1,716		
130	6,9	9,8	10,4	13,7	39,9	40,2	0,625	0,624	1,718	1,716		
135	7,0	10,0	10,5	13,9	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716		
140	7,1	10,2	10,6	14,0	40,3	41,0	0,624	0,623	1,716	1,712		
145	7,2	10,3	10,7	14,0	40,2	40,7	0,624	0,623	1,716	1,714		
150	7,3	10,5	11,0	14,4	40,3	40,9	0,624	0,623	1,716	1,712		
155	7,3	10,6	11,1	14,6	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713		
160	7,3	10,5	11,2	14,7	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713		
165	7,5	10,7	11,3	14,8	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714		
170	7,5	10,7	11,6	15,1	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714		
175	7,5	10,7	11,7	15,2	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713		
180	7,6	10,9	12,0	15,6	40,4	40,3	0,624	0,624	1,715	1,716		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M6 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Andropogon pela tarde

Local	Turno	L.M	(% na placa)				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Andropogon	tarde	5	0,3	0,4	0,7	0,9	38,8	40,7	0,627	0,623	1,724	1,714
		10	0,9	1,2	1,7	2,3	39,3	40,5	0,626	0,624	1,721	1,715
		15	1,7	2,5	2,9	3,8	39,5	40,5	0,625	0,624	1,720	1,715
		20	2,4	4,0	4,0	5,4	40,0	40,4	0,624	0,624	1,717	1,715
		25	3,1	5,4	4,9	6,8	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		30	3,7	5,8	6,4	8,5	40,1	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		35	4,1	6,6	7,2	9,2	40,2	40,4	0,624	0,624	1,716	1,715
		40	4,7	7,3	8,3	10,8	40,2	40,1	0,624	0,624	1,716	1,717
		45	5,1	7,7	9,0	11,3	40,3	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717
		50	5,5	8,1	10,1	12,1	41,0	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		55	6,0	8,4	10,9	13,2	40,7	40,1	0,623	0,624	1,714	1,717
		60	6,3	8,8	11,5	14,0	40,9	40,5	0,623	0,624	1,712	1,715
		65	6,4	9,1	11,8	14,6	40,8	39,2	0,623	0,626	1,713	1,722
		70	6,5	9,3	12,3	14,9	40,8	39,3	0,623	0,626	1,713	1,721
		75	6,6	9,4	12,6	15,3	40,7	39,3	0,623	0,626	1,714	1,721
		80	6,6	9,5	12,7	15,6	40,7	39,0	0,623	0,627	1,714	1,723
		85	6,7	9,7	12,8	15,9	40,8	39,2	0,623	0,626	1,713	1,722
		90	6,8	9,9	13,0	16,3	40,3	39,2	0,624	0,626	1,716	1,722
		95	6,9	10,1	13,2	16,5	40,7	39,4	0,623	0,626	1,714	1,721
		100	7,0	10,3	13,2	16,6	40,5	39,2	0,624	0,626	1,715	1,722
		105	7,0	10,3	13,3	17,1	40,5	38,8	0,624	0,627	1,715	1,724
		110	7,2	10,5	13,4	17,1	40,4	38,7	0,624	0,627	1,715	1,725
		115	7,2	10,5	13,6	17,3	40,5	38,8	0,624	0,627	1,715	1,724
		120	7,3	10,8	13,8	17,4	40,5	40,2	0,624	0,624	1,715	1,716
		125	7,4	10,8	13,8	17,4	40,4	39,9	0,624	0,625	1,715	1,718
		130	7,4	10,8	13,9	17,5	40,1	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		135	7,5	10,9	13,9	17,5	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		140	7,5	10,9	14,0	17,6	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		145	7,6	10,9	14,2	17,7	40,1	40,4	0,624	0,624	1,717	1,715
		150	7,7	11,0	14,2	17,6	40,5	40,9	0,624	0,623	1,715	1,712
155	7,7	11,0	14,3	17,6	40,4	41,0	0,624	0,623	1,715	1,712		
160	7,8	11,1	14,4	17,7	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713		
165	7,8	11,0	14,4	17,7	40,5	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714		
170	7,9	11,1	14,5	17,8	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714		
175	7,9	11,1	14,6	17,8	40,6	40,6	0,623	0,623	1,714	1,714		
180	8,0	11,2	14,6	17,8	40,6	40,6	0,623	0,623	1,714	1,714		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M7 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com grama Bermuda pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Bermuda	manhã	5	0,1	0,1	0,3	0,5	39,0	40,4	0,627	0,624	1,723	1,715
		10	0,4	0,5	1,0	1,5	39,5	40,3	0,625	0,624	1,720	1,716
		15	0,8	1,0	1,4	1,9	40,0	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		20	1,1	1,5	2,6	3,7	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		25	1,8	2,6	3,0	4,6	40,5	40,4	0,624	0,624	1,715	1,715
		30	1,9	2,7	3,3	4,6	40,4	40,6	0,624	0,623	1,715	1,714
		35	2,0	2,9	3,7	5,2	40,6	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715
		40	2,3	3,4	4,0	5,6	40,7	40,3	0,623	0,624	1,714	1,716
		45	2,4	3,4	4,4	5,9	40,7	40,3	0,623	0,624	1,714	1,716
		50	2,5	3,5	5,0	6,7	40,8	40,5	0,623	0,624	1,713	1,715
		55	3,0	4,1	6,0	8,0	40,9	40,6	0,623	0,623	1,712	1,714
		60	3,4	4,9	7,0	8,9	41,0	40,5	0,623	0,624	1,712	1,715
		65	4,1	5,9	8,0	10,3	41,0	40,5	0,623	0,624	1,712	1,715
		70	4,8	6,7	9,4	12,1	40,9	40,5	0,623	0,624	1,712	1,715
		75	5,0	6,9	9,6	12,3	40,9	40,4	0,623	0,624	1,712	1,715
		80	5,3	7,3	9,7	12,6	40,7	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715
		85	6,0	8,2	10,0	13,0	40,7	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715
		90	6,3	8,7	10,2	13,5	40,8	40,4	0,623	0,624	1,713	1,715
		95	6,6	9,2	10,2	13,6	40,9	40,1	0,623	0,624	1,712	1,717
		100	6,8	9,6	10,4	13,8	40,2	41,1	0,624	0,622	1,716	1,711
		105	6,8	9,5	10,5	14,0	40,4	41,0	0,624	0,623	1,715	1,712
		110	7,0	9,8	10,7	14,2	40,3	41,1	0,624	0,622	1,716	1,711
		115	7,1	10,0	11,6	15,5	40,3	41,0	0,624	0,623	1,716	1,712
		120	7,1	10,0	11,6	15,4	40,6	40,9	0,623	0,623	1,714	1,712
		125	7,2	10,2	11,6	15,4	40,3	40,8	0,624	0,623	1,716	1,713
		130	7,3	10,4	11,9	15,7	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714
		135	7,3	10,4	11,9	15,8	40,0	40,7	0,624	0,623	1,717	1,714
140	7,4	10,6	11,9	15,7	40,7	40,5	0,623	0,624	1,714	1,715		
145	7,4	10,5	11,9	15,6	40,4	40,6	0,624	0,623	1,715	1,714		
150	7,5	10,7	12,4	16,3	40,6	40,6	0,623	0,623	1,714	1,714		
155	7,5	10,8	12,5	16,4	40,4	41,0	0,624	0,623	1,715	1,712		
160	7,6	10,9	12,5	16,4	40,4	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713		
165	7,6	10,9	12,6	16,5	40,3	40,9	0,624	0,623	1,716	1,712		
170	7,6	10,9	12,6	16,4	40,4	41,1	0,624	0,622	1,715	1,711		
175	7,7	11,0	12,7	16,5	40,2	41,1	0,624	0,622	1,716	1,711		
180	7,7	11,0	12,7	16,5	40,2	40,5	0,624	0,624	1,716	1,715		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M8 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com grama Bermuda pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Bermuda	tarde	5	0,3	0,4	0,7	0,9	38,8	40,5	0,627	0,624	1,724	1,715
		10	1,0	0,3	1,8	2,5	39,2	40,4	0,626	0,624	1,722	1,715
		15	1,7	2,5	3,0	4,0	39,5	40,6	0,625	0,623	1,720	1,714
		20	2,4	4,0	4,1	5,5	39,6	40,6	0,625	0,623	1,720	1,714
		25	3,1	5,4	5,1	7,1	39,4	39,0	0,626	0,627	1,721	1,723
		30	3,8	6,0	6,6	8,7	39,6	39,5	0,625	0,625	1,720	1,720
		35	4,2	6,8	7,4	9,5	40,2	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717
		40	4,8	7,5	8,4	10,9	39,9	39,9	0,625	0,625	1,718	1,718
		45	5,2	7,9	9,2	11,5	40,3	39,6	0,624	0,625	1,716	1,720
		50	5,7	8,4	10,4	12,4	40,5	39,7	0,624	0,625	1,715	1,719
		55	6,2	8,7	11,2	13,6	40,5	39,3	0,624	0,626	1,715	1,721
		60	6,4	9,0	11,7	14,3	40,4	39,5	0,624	0,625	1,715	1,720
		65	6,5	9,2	12,1	14,9	40,9	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		70	6,6	9,5	12,5	15,1	41,0	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		75	6,7	9,6	12,9	15,7	40,8	40,1	0,623	0,624	1,713	1,717
		80	6,8	9,7	13,0	16,0	40,7	40,2	0,623	0,624	1,714	1,716
		85	6,8	9,9	13,1	16,3	40,7	40,2	0,623	0,624	1,714	1,716
		90	7,0	10,2	13,3	16,6	40,6	40,3	0,623	0,624	1,714	1,716
		95	7,1	10,4	13,5	16,9	40,6	41,0	0,623	0,623	1,714	1,712
		100	7,2	10,6	13,5	17,0	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714
		105	7,2	10,6	13,6	17,5	40,3	40,9	0,624	0,623	1,716	1,712
		110	7,3	10,7	13,7	17,5	40,3	40,8	0,624	0,623	1,716	1,713
		115	7,4	10,8	13,9	17,7	40,3	40,8	0,624	0,623	1,716	1,713
		120	7,4	10,9	14,1	17,8	40,4	40,7	0,624	0,623	1,715	1,714
		125	7,6	11,1	14,1	17,8	40,6	40,7	0,623	0,623	1,714	1,714
		130	7,6	11,0	14,2	17,9	40,5	40,8	0,624	0,623	1,715	1,713
		135	7,6	11,0	14,3	18,0	40,3	40,3	0,624	0,624	1,716	1,716
140	7,7	11,1	14,3	17,9	40,3	40,1	0,624	0,624	1,716	1,717		
145	7,8	11,2	14,5	18,0	40,5	39,8	0,624	0,625	1,715	1,718		
150	7,8	11,2	14,5	17,9	40,6	39,8	0,623	0,625	1,714	1,718		
155	7,9	11,2	14,7	18,1	40,5	39,9	0,624	0,625	1,715	1,718		
160	7,9	11,3	14,7	18,1	40,3	40,0	0,624	0,624	1,716	1,717		
165	8,0	11,3	14,7	18,1	40,5	40,0	0,624	0,624	1,715	1,717		
170	8,1	11,4	14,8	18,2	40,7	39,8	0,623	0,625	1,714	1,718		
175	8,1	11,4	14,9	18,2	40,3	40,4	0,624	0,624	1,716	1,715		
180	8,2	11,5	14,9	18,2	40,5	40,1	0,624	0,624	1,715	1,717		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M9 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Buffel pela manhã

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C	1 ^ª C	2 ^ª C
Buffel	manhã	5	0,2	0,3	0,6	0,9	38,4	40,3	0,628	0,624	1,726	1,716
		10	0,8	1,1	1,7	2,6	38,9	40,2	0,627	0,624	1,723	1,716
		15	1,3	1,6	3,0	4,1	39,2	40,2	0,626	0,624	1,722	1,716
		20	1,7	2,4	3,8	5,4	39,9	40,5	0,625	0,624	1,718	1,715
		25	2,0	2,9	4,6	7,0	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		30	2,1	3,0	5,6	7,9	40,1	40,6	0,624	0,623	1,717	1,714
		35	2,8	4,0	6,3	8,8	39,8	40,1	0,625	0,624	1,718	1,717
		40	3,0	4,4	7,2	10,1	39,8	40,5	0,625	0,624	1,718	1,715
		45	3,6	5,1	8,0	10,8	39,9	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		50	3,6	5,0	8,8	11,9	40,0	40,5	0,624	0,624	1,717	1,715
		55	4,0	5,5	9,4	12,5	40,0	40,7	0,624	0,623	1,717	1,714
		60	4,4	6,4	10,3	13,0	39,8	40,3	0,625	0,624	1,718	1,716
		65	5,0	7,2	10,8	13,9	40,4	40,5	0,624	0,624	1,715	1,715
		70	5,3	7,4	11,0	14,2	40,1	40,3	0,624	0,624	1,717	1,716
		75	6,0	8,3	11,3	14,5	40,3	40,5	0,624	0,624	1,716	1,715
		80	6,3	8,7	11,4	14,8	40,2	38,4	0,624	0,628	1,716	1,726
		85	6,8	9,3	11,6	15,1	40,2	38,9	0,624	0,627	1,716	1,723
		90	6,9	9,6	11,7	15,4	40,5	39,2	0,624	0,626	1,715	1,722
		95	7,1	9,9	11,8	15,7	40,5	39,9	0,624	0,625	1,715	1,718
		100	7,2	10,1	11,9	15,8	40,6	40,0	0,623	0,624	1,714	1,717
		105	7,3	10,2	12,0	16,0	40,1	39,7	0,624	0,625	1,717	1,719
		110	7,4	10,3	12,2	16,2	40,4	39,3	0,624	0,626	1,715	1,721
		115	7,5	10,6	12,3	16,4	39,8	39,5	0,625	0,625	1,718	1,720
		120	7,5	10,6	12,5	16,6	39,9	40,0	0,625	0,624	1,718	1,717
		125	7,6	10,7	12,5	16,6	40,0	40,0	0,624	0,624	1,717	1,717
		130	7,6	10,8	12,7	16,7	40,1	40,1	0,624	0,624	1,717	1,717
		135	7,6	10,9	12,7	16,9	40,1	40,2	0,624	0,624	1,717	1,716
140	7,8	11,2	12,9	17,0	40,5	40,2	0,624	0,624	1,715	1,716		
145	7,9	11,2	13,1	17,1	40,4	40,3	0,624	0,624	1,715	1,716		
150	7,9	11,3	13,1	17,2	40,5	41,0	0,624	0,623	1,715	1,712		
155	7,9	11,4	13,2	17,3	40,7	40,7	0,623	0,623	1,714	1,714		
160	7,9	11,4	13,2	17,3	40,2	40,9	0,624	0,623	1,716	1,712		
165	7,9	11,3	13,3	17,4	40,2	40,8	0,624	0,623	1,716	1,713		
170	8,1	11,6	13,4	17,4	40,1	40,8	0,624	0,623	1,717	1,713		
175	8,1	11,6	13,4	17,4	40,0	40,7	0,624	0,623	1,717	1,714		
180	8,2	11,7	13,4	17,4	40,1	40,7	0,624	0,623	1,717	1,714		

LM = Leitura em Minutos

APÊNDICE M10 - Dados utilizados no cálculo do fluxo mássico e volumétrico no solo cultivado com capim Buffel pela tarde

Local	Turno	L.M	(%) na placa				°C		$\rho(\text{kg/m}^3)$			
			CH ₄		CO ₂		T _{interna}		CH ₄		CO ₂	
			1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C	1°C	2°C
Buffel	tarde	5	0,4	0,6	0,7	0,9	39,0	39,0	0,627	0,627	1,723	1,723
		10	1,0	1,3	1,9	2,6	39,5	39,2	0,625	0,626	1,720	1,722
		15	1,8	2,6	3,1	4,1	39,7	39,2	0,625	0,626	1,719	1,722
		20	2,6	4,3	4,3	5,8	39,6	39,4	0,625	0,626	1,720	1,721
		25	3,3	5,7	5,3	7,3	40,0	39,2	0,624	0,626	1,717	1,722
		30	4,0	6,3	6,9	9,1	40,2	38,8	0,624	0,627	1,716	1,724
		35	4,6	6,5	7,8	10,0	39,9	38,7	0,625	0,627	1,718	1,725
		40	5,0	7,8	8,9	11,5	39,9	38,8	0,625	0,627	1,718	1,724
		45	5,5	8,3	9,7	12,2	40,0	39,0	0,624	0,627	1,717	1,723
		50	6,0	8,8	10,9	13,0	40,1	38,6	0,624	0,627	1,717	1,725
		55	6,5	9,1	11,8	14,3	40,0	39,0	0,624	0,627	1,717	1,723
		60	6,8	9,5	12,4	15,1	40,5	39,2	0,624	0,626	1,715	1,722
		65	6,9	9,8	12,8	15,8	40,5	38,8	0,624	0,627	1,715	1,724
		70	7,0	10,0	13,2	16,0	40,8	39,3	0,623	0,626	1,713	1,721
		75	7,1	10,1	13,6	16,5	41,0	39,5	0,623	0,625	1,712	1,720
		80	7,2	10,3	13,7	16,9	41,1	39,9	0,622	0,625	1,711	1,718
		85	7,2	10,5	13,8	17,1	41,1	39,9	0,622	0,625	1,711	1,718
		90	7,3	10,7	14,0	17,5	41,0	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		95	7,4	10,8	14,2	17,7	41,1	40,1	0,622	0,624	1,711	1,717
		100	7,5	11,0	14,3	18,0	41,0	40,0	0,623	0,624	1,712	1,717
		105	7,6	11,2	14,3	18,4	40,9	40,5	0,623	0,624	1,712	1,715
		110	7,7	11,3	14,5	18,5	40,8	40,5	0,623	0,624	1,713	1,715
		115	7,8	11,4	14,7	18,7	40,7	40,8	0,623	0,623	1,714	1,713
		120	7,9	11,7	14,8	18,7	40,7	41,0	0,623	0,623	1,714	1,712
		125	8,0	11,6	14,9	18,8	40,5	41,1	0,624	0,622	1,715	1,711
		130	8,0	11,6	14,9	18,8	40,6	41,1	0,623	0,622	1,714	1,711
		135	8,1	11,8	15,0	18,9	40,6	41,0	0,623	0,623	1,714	1,712
140	8,1	11,7	15,1	18,9	41,0	41,1	0,623	0,622	1,712	1,711		
145	8,2	11,8	15,3	19,0	40,8	39,2	0,623	0,626	1,713	1,722		
150	8,3	11,9	15,3	18,9	40,9	38,8	0,623	0,627	1,712	1,724		
155	8,4	12,0	15,5	19,1	41,1	38,7	0,622	0,627	1,711	1,725		
160	8,4	12,0	15,5	19,1	41,1	38,8	0,622	0,627	1,711	1,724		
165	8,5	12,0	15,6	19,2	41,0	39,0	0,623	0,627	1,712	1,723		
170	8,5	12,0	15,6	19,1	41,0	38,6	0,623	0,627	1,712	1,725		
175	8,6	12,1	15,7	19,1	41,1	39,0	0,622	0,627	1,711	1,723		
180	8,6	12,0	15,7	19,1	41,0	39,0	0,623	0,627	1,712	1,723		

LM = Leitura em Minutos