



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOSSISTEMAS**



AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN NO COLÉGIO AGRÍCOLA DE CAMBORIÚ

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROGÉRIO LUÍS KERBER

Florianópolis - SC
Abril - 2005

ROGÉRIO LUÍS KERBER

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PASTOREIO
RACIONAL VOISIN NO COLÉGIO AGRÍCOLA DE CAMBORIÚ**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em
Agroecossistemas, Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas, Centro de
Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado

Florianópolis - SC
Abril - 2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Kerber, Rogério Luís

“Avaliação da implantação de um sistema de Pastoreio Racional Voisin no Colégio Agrícola de Camboriú”./ Rogério Luís Kerber.- 2005.

133 f.: il., tabs.

Orientador: Luiz Carlos Pinheiro Machado

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.

Bibliografia: f. 98 - 103

1. Pastagem – manejo – Teses. 2. Pastoreio Racional Voisin – Teses. I. Título.

ROGÉRIO LUÍS KERBER

AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN NO COLÉGIO AGRÍCOLA DE CAMBORIÚ

Dissertação aprovada em 28 de abril de 2005, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, pela seguinte banca examinadora.

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado
Orientador

Prof. PhD. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Titular. Mário Luiz Vincenzi
Presidente (UFSC)

Prof. Dr. Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho
Membro (UDESC)

Prof. Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira
Membro (UFSC)

Prof. PhD. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Membro (UFSC)

Florianópolis - SC
Abril - 2005

AGRADECIMENTOS

Aos servidores do Colégio Agrícola de Camboriú, pelo apoio e confiança. Especialmente, ao professor João Carlos Morelatto, que assumiu com esmero e competência, as atividades do setor de avicultura, durante este meu afastamento. Aos funcionários, Nelson da Silva, Pedro José da Silva, Edenir Rogge, Evaldo João Oliani, Justino José de Souza, Estanislau Kantovick Filho, Etacir Neto, José Domingos Pereira, Sergio Luiz da Silva e a tantos outros, por suas prestâncias.

Aos estagiários Selmo Rogério Fiorese e Anderson Nissola, hoje técnicos em agropecuária de alto nível, e a todos alunos do Colégio, sem os quais dificilmente realizaríamos um trabalho como este.

A Companhia Integrada de Desenvolvimento de Santa Catarina – CIDASC, em especial a Clóvis Goulart De Bem, químico responsável pelo Laboratório Químico Físico e Biológico, pela realização das análises de solo.

Ao amigo Antônio Lourenço Guidoni, pelas sugestões, apoio e por encontrar tempo aos domingos, para me ajudar: Antônio, sua participação foi fundamental.

Aos professores Mário Luiz Vincenzi, Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho pelas contribuições nunca negadas e, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, pelos esclarecimentos, orientações e conhecimentos transmitidos.

Aos amigos Júlio Graeff Erpen e Alexandre Lenzi, pelas contribuições e bibliografias sugeridas.

Aos amigos e colegas de curso, pelas trocas de informações e companheirismo.

A José Daniel Cazale, muito mais do que um companheiro, um grande amigo, sempre com uma palavra de apoio nos momentos difíceis, sua participação foi grande nesse trabalho, caminhamos juntos.

Numa nota mais pessoal, agradeço à minha esposa Eliana Maria Fabiano de Almeida e ao meu filho Gabriel Luís de Almeida Kerber, pela ajuda e compreensão em meu afastamento temporário. Aos meus pais, Armi e Lorena Kerber e minhas irmãs Rosemari, Roseli, Marines, Sirlei de Fátima Albino, pessoas fantásticas.

Ao meu orientador, professor Luiz Carlos Pinheiro Machado, pessoa com o dom de partilhar seus conhecimentos, eterno defensor do Pastoreio Racional Voisin, minha profunda e eterna gratidão.

Sinto-me honrado e feliz, por dispor de pessoas como vocês!

MUITO OBRIGADO.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Curva sigmóide, representando a quantidade em kg de pasto verde existente por hectare, em função do número de dias transcorridos desde que o mesmo foi pastado, em duas estações diferentes, nas condições da Normandia (Voisin, 1974, p. 23).....	21
Figura 02. Curva demonstrando que após o corte, a planta emprega recursos próprios para emitir o rebrote, sendo que ao atingir um determinado estágio vegetativo, através da fotossíntese, inicia-se o reabastecimento dessas reservas (ROMERO, 1994, p. 24).....	22
Figura 03. Módulo 1, com 7,82 hectares divididos em 34 piquetes e piquete escola, Camboriú, jan/04.	45
Figura 04. Módulo 2, com 1,70 hectares divididos em oito piquetes, Camboriú, jan/04.....	46
Figura 05. Módulo 3, com 2,29 hectares divididos em 34 piquetes, Camboriú, jan/04.....	46
Figura 06. Representação esquemática da localização dos 20 pontos centrais de coleta de dados por piquete, resultantes das interseções de uma malha de quatro linhas e cinco colunas, sobre os quais delimitou-se um quadrado de 50 x 50 cm (2.500 cm ²), área esta determinada para a coleta de todas as amostras.	48
Figura 07. Percentuais médios de massa seca radicular na profundidade de [0-5 cm], Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, jan a out/2004.	58
Figura. 08, 09 e 10. Valores médios para a variável estudada – massa seca radicular em g, para a interação tríplice módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	59
Figura 11. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em (kgf.cm ⁻² , para a interação entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	67
Figura 12. Dispersão das variáveis estudadas – RP ajustada em kgf.cm ⁻² e umidade em % para o fator época de coleta, Camboriú, jan a out/2004.	69
Figura 13. Distribuição do percentual de matéria orgânica por Módulo 1, 2 e 3, nas profundidades de [0-5 cm], (5-10 cm) e (10-20 cm], Camboriú, jan a out/2004. .	77
Figura 14. Percentual médio de magnésio por módulo e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.	83
Figura 15. Porcentagem de raízes, fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio, encontrados na primeira coleta, na profundidade de [0-5 cm], comparada com as demais profundidades estudadas nos Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, jan/04.....	90
Figura 16. Porcentagem de raízes, fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio, encontrados na terceira coleta, na profundidade de [0-5 cm], comparada com as demais profundidades estudadas nos Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, out/04.....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01. Teores médios de proteína bruta e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca, de folhas verdes de capim-elefante, submetidas a diferentes períodos de ocupação durante uma seqüência de dias de pastejo – época chuvosa.....	25
Tabela 02. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 1, Camboriú, jan a dez/2004.	49
Tabela 03. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 2, Camboriú, jan a dez/2004.	50
Tabela 04. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 3, Camboriú, jan a dez/2004.	50
Tabela 05. Valores médios para a variável estudada – massa seca radicular em g, para a interação tríplice entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	57
Tabela 06. Horas luz – 30, 60 e 90 dias anteriores a 1, 2 e 3 coletas.	60
Tabela 07. Temperatura média, média das máximas e mínimas, dia no mês com temperatura máxima e mínima, para os três meses anteriores e o mês de cada coleta.....	61
Tabela 08. Precipitação mensal total, máxima observada (dia) e número de dias mensais com precipitação < 0,2 mm, > 0,2 a 2 mm e > 20 mm, para os três meses anteriores e o mês de cada coleta.	62
Tabela 09: kg de massa seca radicular por hectare, encontrados de 0 a 20 cm de profundidade nos Módulos 1, 2 e 3 na 1, 2 e 3 coletas.	64
Tabela 10. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em kgf.cm^{-2} , para a interação entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.....	66
Tabela 11. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em kgf.cm^{-2} , para a interação entre os fatores época de coleta e módulo, Camboriú, jan a out/2004....	68
Tabela 12. Valores médios para a variável estudada - pH em CaCl_2 , para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.....	71
Tabela 13. Valores médios para a variável estudada - pH em CaCl_2 , para a interação dupla entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.....	71
Tabela 14. Valores médios para a variável estudada – fósforo disponível em ppm, para o fator época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.	72
Tabela 15. Valores médios para a variável estudada – fósforo disponível em ppm para interação dupla entre os fatores módulo e profundidade, Camb., jan a out/2004. .	74
Tabela 16. Valores médios para a variável estudada – potássio em ppm, para o fator profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.	74
Tabela 17. Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica em %, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.....	76
Tabela 18. Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica em %, para o fator época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.	77
Tabela 19. Valores médios para a variável estudada – Alumínio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.....	78
Tabela 20: Valores médios de $\text{cmol}_c.\text{Al}.\text{dm}^{-3}$, CTC efetiva em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e saturação por Al em %, para os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.....	79
Tabela 21. Valores médios para a variável estudada – cálcio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação dupla entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.	81
Tabela 22. Valores médios para a variável estudada – cálcio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação dupla entre os fatores módulo e época, Camboriú, jan a out/2004.....	81

Tabela 23. Valores médios para a variável estudada – magnésio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.....	83
Tabela 24. Valores médios para a variável estudada – magnésio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a out/2004.	84
Tabela 25: Valores médios de $\text{cmol}_c \text{Na}.\text{dm}^{-3}$, CTC em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e saturação por Na em %, para os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.....	85
Tabela 26. Valores médios para a variável estudada – soma de bases em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.....	86
Tabela 27. Valores médios para a variável estudada – soma de bases em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a out/2004....	87
Tabela 28. Valores médios para a variável estudada – capacidade de troca de cátions em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	88
Tabela 29. Custos para implantação do PRV, no Colégio Agrícola de Camboriú, Camboriú, jan/04.	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al – alumínio
Ca – cálcio
CAC – Colégio Agrícola de Camboriú
CI – carga instantânea
Cl – cloro
cm – centímetros
cm³ – centímetros cúbicos
CNE – carboidratos não estruturais
CTC – capacidade de troca catiônica
cv – cultivar
° C – graus Celsius
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
Fe - ferro
g – gramas
H – hidrogênio
ha – hectares
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K – potássio
kgf – quilograma força
L – litro
m – metro
m² – metro quadrado
Mg – magnésio
mg – miligrama
mm – milímetro
MO – matéria orgânica
Mo – molibdênio
MS – matéria seca
Na – sódio
P – fósforo
p. - página
pH – potencial hidrogeniônico
PO – período de ocupação
ppm – partes por milhão
PRV – Pastoreio Racional Voisin
% - porcentagem
RP – resistência do solo à penetração
RS – Rio Grande do Sul
S – soma de bases
TR – tempo de repouso
UA –unidade animal
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UGM – unidade de gado maior
UTH – unidade de trabalho humano
V – saturação de bases

ÍNDICE

RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	14
2. HIPÓTESE.....	17
3. OBJETIVOS	17
3.1.OBJETIVO GERAL	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1. PASTOREIO RACIONAL VOISIN	18
4.1.1 <i>HISTÓRICO</i>	18
4.1.2 <i>ORIGEM DA TERMINOLOGIA PASTOREIO RACIONAL VOISIN - PRV</i>	19
4.1.3 <i>LEIS UNIVERSAIS DO PASTOREIO RACIONAL, ENUNCIADAS POR VOISIN (1974)</i>	20
4.1.3.1 Primeira lei – lei do repouso	20
4.1.3.2 Segunda lei – lei da ocupação	23
4.1.3.3 Terceira lei – lei do rendimento máximo	24
4.1.3.4 Quarta lei – lei do rendimento regular	26
4.1.4 <i>DIVISÃO DA ÁREA</i>	27
4.2. EFICIÊNCIA DO PASTOREIO	28
4.3. SISTEMA RADICULAR	29
4.3.1 <i>HISTÓRICO</i>	29
4.3.2 <i>RELAÇÕES ENTRE SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA DAS PLANTAS E SOLO</i>	31
4.4. MATÉRIA ORGÂNICA	38
5. MATERIAIS E MÉTODOS	44
5.1 LOCAL.....	44
5.2 DETERMINAÇÃO DOS PIQUETES ONDE FORAM REALIZADAS AS AVALIAÇÕES	47
5.3 ÉPOCAS DAS AVALIAÇÕES	47
5.4 PONTOS DE COLETA	48
5.5 DADOS DO PROJETO	49
5.6 PARÂMETROS AVALIADOS	51
5.6.1 <i>RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO (RP)</i>	51
5.6.2 <i>HIGROSCOPIA DO SOLO</i>	51
5.6.3 <i>MATÉRIA SECA RADICULAR</i>	52
5.6.4 <i>FERTILIDADE DO SOLO</i>	52
5.6.4.1 Análises realizadas:	53
5.7. ANÁLISE DOS DADOS	53
5.7. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E PRODUÇÃO DE LEITE NO SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN	55
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
6.1. MASSA SECA RADICULAR.....	56
6.2. RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO (RP)	65
6.3. FERTILIDADE DO SOLO	70
6.3.1 <i>POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)</i>	70
6.3.2 <i>FÓSFORO (P)</i>	72
6.3.3 <i>POTÁSSIO (K)</i>	74
6.3.4 <i>MATÉRIA ORGÂNICA (MO)</i>	75
6.3.5 <i>ALUMÍNIO (Al)</i>	78
6.3.6 <i>CÁLCIO (Ca)</i>	80
6.3.7 <i>MAGNÉSIO (Mg)</i>	82
6.3.8 <i>SÓDIO (Na)</i>	84

6.3.9	<i>ACIDEZ POTENCIAL (H+Al)</i>	85
6.3.10	<i>SOMA DE BASES (S)</i>	85
6.3.11	<i>CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS</i>	87
6.3.12	<i>SATURAÇÃO DE BASES (V%)</i>	88
6.3.13	<i>VARIÁVEIS – PERFIL DO SOLO</i>	89
6.4.	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	92
6.4.1	<i>CUSTO DE PRODUÇÃO E INDICADORES PRODUTIVOS</i>	92
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS		94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		98

ANEXO A	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável massa seca radicular (g), Camboriú, jan a dez/2004.....	105
ANEXO B	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável RP ajustada (kgf.cm^{-2}), Camboriú, jan a dez/2004.	105
ANEXO C	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável pH em CaCl_2 , Camboriú, jan a dez/2004.	106
ANEXO D	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável fósforo disponível (ppm), Camboriú, jan a dez/2004.	107
ANEXO E	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável potássio (ppm), Camboriú, jan a dez/2004.	107
ANEXO F	Valores médios para a variável estudada – potássio (ppm), em função da interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camb., jan a out/2004.	108
ANEXO G	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável matéria orgânica (%), Camboriú, jan a dez/2004.....	109
ANEXO H	Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica (%), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	110
ANEXO I	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável alumínio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.....	111
ANEXO J	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.	111
ANEXO K	Valores médios para a variável estudada – cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	112
ANEXO L	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável magnésio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.	113
ANEXO M	Valores médios para a variável estudada – magnésio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	114

ANEXO N	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável acidez potencial – H + Al (cmol _c .L ⁻¹), Camb., jan a dez/2004. ...	115
ANEXO O	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável soma de bases (cmol _c .L ⁻¹), Camboriú, jan a dez/2004.	115
ANEXO P	Valores médios para a variável estudada – soma de bases (cmol _c .L ⁻¹), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	116
ANEXO Q	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável capacidade de troca de cátions (cmol _c .L ⁻¹), Camboriú, jan a dez/2004.	117
ANEXO R	Valores médios para a variável estudada – capacidade de troca de cátions (cmol _c .L ⁻¹), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	118
ANEXO S	Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável saturação de bases (%), Camboriú, jan a dez/2004.	119
ANEXO T	Valores médios para a variável estudada – saturação de bases (%), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.	120
ANEXO U	Tabela 30. Capital em animais, terra, construções, giro e máquinas, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.	121
ANEXO V	Fluxo de caixa - janeiro a dezembro de 2003.	133

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o sistema de produção de leite à base de pasto, utilizando a tecnologia de Pastoreio Racional Voisin, no Colégio Agrícola de Camboriú, SC - CAC. Uma área de 11,81 hectares foi dividida em três módulos e subdividida em 77 piquetes. No Módulo 1 a área encontrava-se sob exploração pastoril há mais de 20 anos; os Módulos 2 e 3, são áreas anteriormente cultivadas com culturas anuais e submetidas ao preparo convencional do solo. Após a implantação do projeto, o manejo dos animais passou a ser feito em 77 piquetes, com cargas instantâneas médias de 133 UGMs/ha. Os períodos de ocupação variaram de 2 à 96 horas e os tempos de repouso dos piquetes variaram de 19 a 134 dias. Em cada módulo foram escolhidos três piquetes onde foram demarcados, regularmente, 20 pontos de amostragem. Em três épocas distintas, janeiro, junho e outubro e em três profundidades [0-5 cm], (5-10 cm] e (10-20 cm], realizaram-se as avaliações de resistência do solo à penetração - RP, matéria seca radicular e fertilidade do solo. Os dados de RP foram ajustados para o teor de umidade - RP ajustada. Para análise dos dados, os efeitos fixos foram comparados pelo teste t de Student, protegido pela significância do teste F ao nível de 5% de probabilidade. Houve um aumento significativo ($P < 0,05$) no desenvolvimento radicular em todos os módulos, na terceira época de coleta, na profundidade de [0-5 cm], quando comparada as demais épocas e profundidades. A massa seca radicular de 0 a 20 cm de profundidade passou da primeira coleta para a terceira coleta, de 13.122 kg, 6.820 kg e 3.696 kg/ha para 15.248 kg, 18.353 e 6.432 kg/ha, Módulos 1, 2 e 3 respectivamente. Para a variável RP ajustada verificou-se uma diminuição significativa ($P < 0,05$) na segunda e terceira épocas de coleta, em todas as profundidades estudadas, indicando uma melhora nas condições físicas do solo. Para as variáveis da fertilidade verificou-se o potencial das pastagens em aumentar e manter os níveis de matéria orgânica. O pH em CaCl_2 aumentou nos Módulos 1 e 2 da primeira para a segunda época de coleta e o fósforo diminuiu em 21% da primeira para a terceira época de coleta. Verificou-se que na camada superficial de 0 a 5 cm o sistema pastoril, ao longo dos anos, leva a uma concentração de mais de 40% nos teores de fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio. Enquanto que, para os Módulos 2 e 3, que não tinham a presença dos animais até a implantação do projeto, as concentrações distribuíam-se homogeneamente ao longo do perfil de [0-20 cm] do solo.

ABSTRACT

The present research at evaluating the pasture based milk production system, using the technology of Rational Voisin Pasturing, in the Agricultural School of Camboriu, SC – CAC. An area of 11.81 hectares was divided in three modules and subdivided in 77 paddocks. In Module 1 the area was under pastoral exploration since more than 20 years ago; the Modules 2 and 3 are areas previously cultivated with annual cultures and submitted to the conventional management of the soil. After the introduced the project, the handling could be done in 77 paddocks, used medium instantaneous load 133 UGMs.ha^{-1} . Occupation period varied from 02 to 96 hours and rest periods also varied from 19 to 134 days. In each module three paddocks were chosen, where 20 sampling points were regularly demarcated. In three different times (January, June and October) and three depths [0-5 cm], (5-10 cm) and (10-20 cm), were carried out soil penetration resistance evaluations (PR), matter evaporates relative the root and fertility of the soil. For data analysis fixed effects were compared by the Student's t-test, protected by the significance on the F-test at a level of significance of 5% probability. There was a significant increase ($P < 0,05$) development in the root system in all modules, in the third collect time, in the depths [0-5 cm], when compared every others times and depths. The root dry matter from 0 to 20 cm of depth increased of the first time collect to third time collect, from 13.122 kg, 6.820 kg and 3.696 kg.ha^{-1} to 15.248 kg, 18.353 kg and 6.432 kg.ha^{-1} , in the modules 1, 2 and 3 respectively. For adjusted variable PR was verified a significant decrease ($P < 0,05$) in the second and third times collect, in the every depth researched, denote improvement in the physics soil conditions. For the fertility variables was verified the potential pasture to increase and to keep the organic matter (OM) level. The pH in CaCl_2 increased in the modules 1 and 2 from first to second time collect and the P decrease in 21% from first to third time collect. Was verified in the superficial layer from 0 to 5 cm the graze system during the year it provoke a concentrate more than 40% in the contents of P, OM, K, Mg and Ca. Once the modules 2 and 3 didn't have any of the animals until to introduce project, there were a concentrates' distribute homogeneity along in the soil level [0-20 cm].

1 INTRODUÇÃO

Normalmente os sistemas de produção agrícola empregados no mundo, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, são reducionistas, dependentes de recursos externos não renováveis, consumidores de numerosos produtos de síntese química sendo, portanto, finitos. Mesmo que alguns sistemas se apresentem produtivos, traduzindo-se pela manutenção e até mesmo aumento da produtividade ao longo do tempo, essa viabilidade, na maioria das vezes, não se expressa econômica, ambiental, social ou energeticamente. Isso ocorre devido a poluição das águas, perda da diversidade genética, redução no número de propriedades e produtores, concentração de terras e de renda, êxodo rural e degradação dos solos (desertificações, salinização, perda da fertilidade e erosão).

Temos de redesenhar, não apenas nossos gramados, embalagens e detergentes, mas também a agricultura, a indústria e outros arranjos institucionais gerados na era química. Devemos buscar formas mais seguras e mais inteligentes de suprir as necessidades básicas, atendendo os anseios humanos (COLBORN *et al*, 2002, p. 279).

Atualmente, na tentativa de minimizar esse quadro problemático é crescente o número de iniciativas, tanto pessoais quanto institucionais, que buscam desenvolver alternativas agroecológicas visando diminuir e atenuar os impactos negativos dos processos produtivos. Este é o nosso grande desafio.

A representatividade da utilização da terra com pastagens permanentes, no mundo é de 3.489.834.000 ha, representando 25,98% da área total (FAO, 2000); no Brasil, é de 197.000.000 ha, representando 23,04% da área (FAO, 2000) e, em Santa Catarina, 2.470.000 ha correspondendo a 25,74% da área do Estado. A bovinocultura brasileira posicionou-se como a terceira maior exportadora de carne no mundo, no ano de 2003, com um rebanho comercial de 164 milhões de cabeças (LUZ E HERLING, 2004, p. 209). Em 2004, ocupou a primeira posição (ICONE, 2004).

O leite brasileiro começa a ser notícia no cenário internacional. O Brasil já é o sexto maior produtor do mundo e deve ganhar novas posições nos próximos anos, pois cresce mais rapidamente que seus principais competidores. Entre os vizinhos do cone sul, o Brasil é insuperável: dois terços da produção leiteira da região são brasileiras. No que diz respeito ao Valor Bruto da Produção Agropecuária – VPBA, um indicador da renda do setor rural, o leite está entre os seis produtos mais importantes. Em 2004, o VBPA tem previsão de encerrar o ano em R\$ 116 bilhões. Desse total, R\$ 65 bilhões são de produtos pecuários. O leite contribui com R\$ 11 bilhões. Entre os produtos pecuários só é superado pelas carnes bovina e de frango. A atividade cresceu mais de 180% em menos de trinta anos (VILELA, 2004, p. 422).

Dados do Instituto Cepa/SC em 2003 mostram que o leite representou um valor bruto de produção na ordem de R\$ 578.582.000,00, sétima posição entre os 34 principais produtos agrícolas catarinenses. O volume de leite produzido no Estado segue uma trajetória de crescimento constante. Em 2003, segundo o IBGE, atingiu 1,332 bilhão de litros, 11,7% a mais que em 2002. Essa foi uma das maiores taxas de crescimento entre os estados brasileiros; com isso, continua aumentando a sua participação na produção nacional. Para 2004, estima-se que a produção do Estado seja maior que 1,4 bilhão de litros, colocando Santa Catarina, como o sexto estado maior produtor de leite cru ou resfriado industrializado, sendo responsável por 4,6% do volume total da produção do País, estimada, para a mesma data, em 23 bilhões de litros de leite (IBGE - SIDRA, 2005).

Estes dados demonstram a grande expressividade que o segmento pecuário tem no mundo, no Brasil e por sua vez, também, para o Estado de Santa Catarina. Porém, esses mesmos dados, nos mostram uma realidade intrigante, pois o modelo agrícola hegemônico adotado nos processos produtivos agropecuários é apontado como causador de impactos ambientais e sociais indesejáveis.

Segundo Guimarães (2002, p. 3), o Estado de Santa Catarina tem suas atividades agropecuárias assentadas predominantemente na agricultura familiar diversificada. Mais de 90% das propriedades agrícolas estaduais apresentam este perfil, isto é, possuem até 50 ha de área que são explorados diretamente pelo proprietário e sua família, e dedicam-se a produção de, no mínimo, três atividades agropecuárias e seus produtos.

Na atividade leiteira, dos 145.668 produtores que informaram produzir leite no Estado, 140.981 (96,78%), possuem um rebanho de até 10 vacas, representando 79% da produção e 83% do rebanho leiteiro (CENSO AGROPECUÁRIO 1995/96 – IBGE – SIDRA, 2005).

O preço médio por litro de leite, de janeiro de 2001 a dezembro de 2004, recebido pelos produtores na plataforma, em Santa Catarina, foi de R\$ 0,37, enquanto o custo de produção, considerando a venda de excedentes do plantel, avaliado em propriedade com 10 vacas e produção média de 3.700 kg/vaca/ano, foi de R\$ 0,37 (CEPA, 2004). Esses dados permitem concluir que, aproximadamente 96,78% dos produtores de leite do Estado de Santa Catarina estão financeiramente empatando para produzir, o que gera uma descapitalização constante das propriedades, tornando vulnerável o atual sistema de produção utilizado.

Frente à magnitude do problema e a importância da atividade leiteira em Santa Catarina, poucos são os trabalhos realizados buscando alternativas que reduzam o custo de produção do leite e que melhorem o manejo dos solos, pastos e animais. Pesquisas nesse sentido representam importantes passos rumo a processos produtivos mais estáveis, nos motivando a pesquisar, avaliar e redesenhar alternativas agroecológicas que protejam o ambiente, sejam menos dependentes de insumos finitos, reduzam os custos de produção permitindo ganhos reais, que mantenham e mesmo melhorem as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo.

Na tentativa de minimizar esses problemas, na busca de uma relação mais equilibrada entre os componentes solo-planta-animal-humano e com o objetivo de formar um banco de dados, iniciou-se este trabalho que consiste na implantação e avaliação (resultados iniciais) de um projeto de produção de leite à base de pasto, utilizando a tecnologia do Pastoreio Racional Voisin, numa área de 11,81 hectares, no Colégio Agrícola de Camboriú, da Universidade Federal de Santa Catarina.

2 HIPÓTESE

A implantação do Pastoreio Racional Voisin pode melhorar a qualidade do solo (nos aspectos químicos, físicos e biológicos), propiciando a diminuição da dependência de recursos externos não renováveis e conseqüente redução dos custos na produção de leite.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo a partir da implantação do Pastoreio Racional Voisin em um sistema de produção de leite, no Colégio Agrícola de Camboriú – SC.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar, através do penetrômetro, a evolução da resistência à penetração do solo;

Avaliar a fertilidade do solo através de análise de rotina;

Comparar a evolução da matéria seca radicular;

Determinar o custo de implantação, manutenção e produção de leite no sistema de Pastoreio Racional Voisin.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PASTOREIO RACIONAL VOISIN

4.1.1 HISTÓRICO

Nascia a sete de janeiro de 1903, em Dieppe, Normandia, França, André Voisin, homem que teve o destino de deixar idéias mestras norteadoras da forma mais eficiente e correta de integrar o solo, a planta e o animal.

Voisin, químico e físico, diplomado pela Escola Superior de Química e Física de Paris, recebeu ao longo de seus 61 anos de vida, inúmeras promoções e distinções, dentre elas Doutor Honoris Causa das Universidades de Bonn, Moscou, Lavale e Havana.

André Voisin inicia sua brilhante trajetória agrícola na década de 40, experimentado e testando conhecimentos à cerca de pastagens em sua propriedade normanda de 130 ha, “Le Talou”, França, onde realizou a primeira divisão dos pastos.

Além disso, publicou inúmeras obras científicas traduzidas para diversos idiomas, dentre estas: Produtividade do Pasto; A Vaca e seu Pasto; Solo, Pasto e Câncer; Dinâmica das Pastagens; A Tetânia dos Pastos e Adubos: Novas Leis Científicas e sua Aplicação.

Também enunciou as quatro leis universais que balizam e sustentam o Pastoreio Racional Voisin:

- Lei do repouso;
- Lei da ocupação;
- Lei do rendimento máximo; e
- Lei do rendimento regular.

Essas quatro leis, quando respeitadas, permitem um manejo racional dos pastos, onde animais, solo, plantas e humanos são simultaneamente beneficiados.

Em 1964, o engenheiro agrônomo Nilo Romero e o doutor em agronomia, Luiz Carlos Pinheiro Machado, iniciaram a prática dos ensinamentos de Voisin nas Fazendas Conquista e Alegria, sediadas respectivamente em Bagé e Taquara, RS.

O Dr. Pinheiro Machado, além de utilizar-se dos ensinamentos de Voisin, incorporou ao longo dos trabalhos, alguns novos conceitos. Pode-se citar entre estes: a necessidade de projeto; o respeito ao bem estar animal; disponibilidade de água em cada parcela; os sistemas viários e corredores perimetrais; a lei da fertilidade crescente; as roçadeiras biológicas, além de outros.

4.1.2 ORIGEM DA TERMINOLOGIA PASTOREIO RACIONAL VOISIN

- PRV

A terminologia Pastoreio Racional Voisin - PRV, foi criada por Luiz Carlos Pinheiro Machado no Brasil, em 1970, quando da Fundação do Instituto André Voisin, como homenagem imorredoura ao genial criador das quatro leis universais do pastoreio racional (MACHADO, 2004, p. xxviii).

Sendo que:

O vocábulo Pastoreio é fazer o encontro do animal com o pasto, *é fazer*, nos dá a idéia da necessidade de alguém que cumpra ou execute o encontro do animal com o pasto, presumindo a necessidade da figura do pastor como o controlador que comanda, guarda e cuida dos animais e do ecossistema pastoril;

Racional advém da necessidade constante de pensar, tomar decisões; e

Voisin refere-se ao enunciador das quatro Leis Universais do Pastoreio Racional.

Portanto, PRV é um método de manejo das pastagens que se baseia na integração do solo-pasto-animal, sob o comando humano, através do cumprimento das Leis Universais do Pastoreio Racional, cujo fundamento é a atenção às necessidades fisiológicas da planta, para que ela possa dar o máximo rendimento de matéria verde, no momento de sua melhor qualidade biológica (Machado, 1997, p. 46).

4.1.3 LEIS UNIVERSAIS DO PASTOREIO RACIONAL, ENUNCIADAS POR VOISIN (1974)

4.1.3.1 Primeira lei – lei do repouso

Para que um pasto cortado pelo dente do animal possa dar a sua máxima produtividade, é necessário que entre dois cortes sucessivos a dente, haja passado o tempo suficiente, que permita ao pasto:

Armazenar nas suas raízes reservas necessárias para um início de rebrote vigoroso;

Realizar a sua “labareda de crescimento”, ou grande produção de pasto por dia e por hectare.

O ponto de desenvolvimento fenológico da pastagem, ideal para ser consumido pelos animais, é aquele que possibilita a maior oferta/área/tempo, tanto em termos de qualidade quanto quantidade, o qual Voisin (1974, p. 23), na curva de produtividade do pasto (Figura 01), chamou de **Tempo ótimo de repouso**.

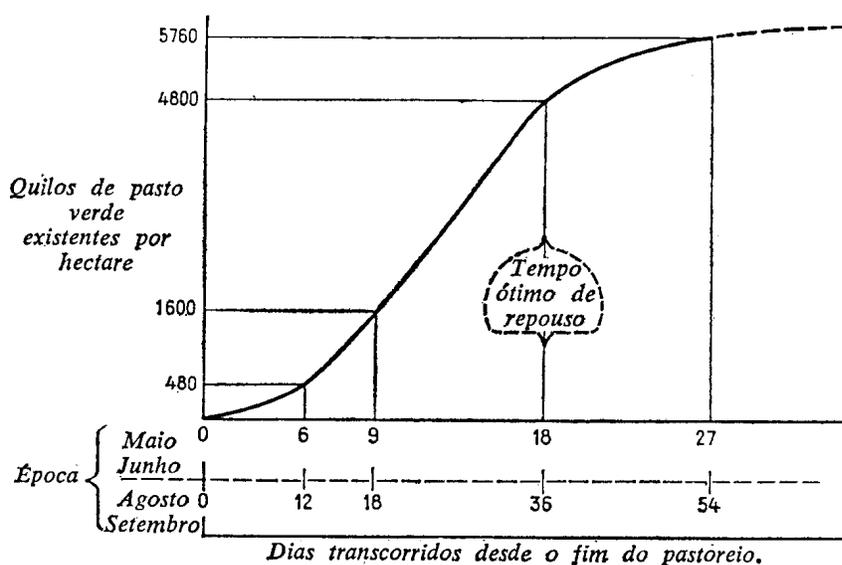


Figura 01. Curva sigmóide, representando a quantidade em kg de pasto verde existente por hectare, em função do número de dias transcorridos desde que o mesmo foi pastado, em duas estações diferentes, nas condições da Normandia (Voisin, 1974, p. 23).

Para que os animais colham o capim, sempre o mais próximo possível de seu ponto ótimo de repouso, é necessário conduzi-los, somente permitindo que os mesmos retornem para pastorear os piquetes anteriormente utilizados, quando esses completarem um período de repouso adequado e variável, de acordo com os fatores ambientais que determinam o desenvolvimento das plantas. Esse período deve ser suficientemente longo para permitir às plantas restabelecerem a área foliar e armazenarem em suas raízes e base dos colmos, carboidratos não estruturais (CNE), substâncias de reserva que permitem um rebrote vigoroso.

Quando realizamos um pastoreio a fundo (2 a 3 cm do solo), ou roçamos uma certa parcela, eliminamos a maior parte foliar capaz de sintetizar a energia solar e transformá-la em energia química. Esse remanescente de área foliar, não é capaz de sintetizar e transformar a energia total necessária para manter as plantas. Essas plantas utilizam-se destas substâncias orgânicas de reserva para sobreviverem e, aos poucos, restabelecerem a área foliar, até chegarem a um estágio de desenvolvimento fenológico, em que o balanço da taxa

fotossintética passa a ser positivo, ou seja, a planta transforma mais energia do que gasta, o que permite um rápido desenvolvimento e um novo acúmulo de reservas (Figura 02). O nível irá baixar novamente quando da ocorrência de novo corte ou durante o florescimento e maturação das sementes. A grande maioria das espécies tropicais possui como principal substância orgânica de reserva o amido, que será hidrolisado e utilizado, quando a planta for submetida a condições de estresse (corte, pastejo, ataque de pragas, geadas, etc) (SILVA, 1995, p. 31).

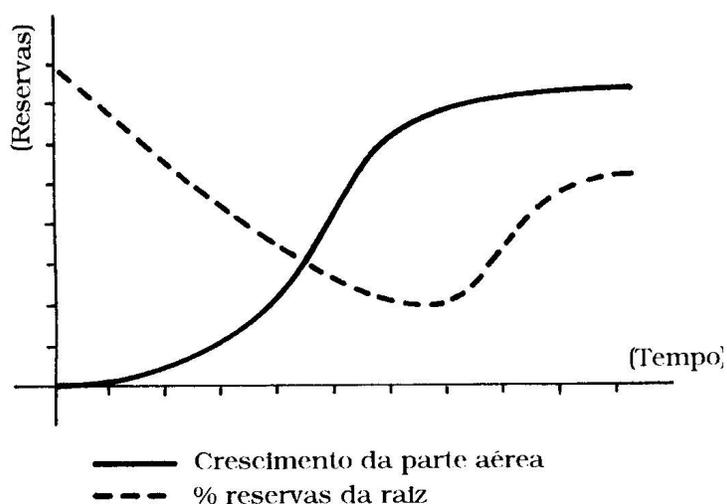


Figura 02. Curva demonstrando que após o corte, a planta emprega recursos próprios para emitir o rebrote, sendo que ao atingir um determinado estágio vegetativo, através da fotossíntese, inicia-se o reabastecimento dessas reservas (ROMERO, 1994, p. 24).

A este período de rápido crescimento de massa verde de pasto por unidade de tempo, Voisin (1974, p. 22), convencionou chamar de **labareda de crescimento**.

Quando não se respeita um período mínimo de tempo suficientemente longo, que permita às plantas realizarem a labareda de crescimento e atingirem o ponto ótimo de repouso, perde-se em produtividade e qualidade, tanto da forragem como dos animais. Ao mesmo tempo é cometido um dos principais erros do PRV, que leva a degradação lenta das pastagens, denominada de aceleração fora do tempo. Em síntese, o uso sucessivo da pastagem antes de

seu ponto ótimo de repouso, provoca o esgotamento contínuo do seu sistema de reservas, com a redução de pasto e de ganho de peso ou produção leiteira (MACHADO, 2004, p. 81).

4.1.3.2 Segunda lei – lei da ocupação

O tempo global de ocupação de uma parcela deve ser suficientemente curto para que um pasto, cortado a dente no primeiro dia (ou ao começo) do tempo de ocupação, não seja cortado novamente pelo dente dos animais, antes que estes deixem a parcela.

Quando se permite que os animais permaneçam por vários dias em uma certa parcela, corre-se o risco de que os mesmos consumam o rebrote, pois espécies forrageiras de alta eficiência fotossintética e elevada taxa de crescimento - C₄, encontrando condições ambientais ótimas, em dois ou três dias já se desenvolveram a ponto de serem apanhadas pelos animais. Segundo Machado Filho (2004) em função da morfologia dos beijos, dentição e palato duro, um bovino consegue consumir forragem até 14 mm do solo e como os animais apresentam preferência por plantas mais tenras e suculentas é certo que comerão os rebrotes.

Se for permitido ao animal pastar o rebrote, está sendo contrariada a primeira lei do manejo racional dos pastos, causando a aceleração fora do tempo e interferindo na perenidade da pastagem por exaurir aos poucos as reservas das espécies mais palatáveis.

Do ponto de vista prático, para evitar o corte do rebrote do pasto num mesmo tempo de ocupação, o mesmo não deve exceder, segundo a espécie de pasto e a época do ano, de um a dois dias, usando-se, naturalmente altas cargas instantâneas (MACHADO, 2004, p. 70).

Em PRV para que se obtenha o máximo de rendimento, tanto animal como vegetal, é aconselhável períodos de ocupação de um dia.

4.1.3.3 Terceira lei – lei do rendimento máximo

É necessário ajudar os animais de exigências alimentícias mais elevadas, para que possam colher a maior quantidade de pasto e que este seja da melhor qualidade possível.

Os animais em um rebanho leiteiro apresentam exigências nutricionais intimamente relacionadas com sua fase de desenvolvimento, ou seja, bezerras e vacas em lactação são mais exigentes que vacas secas e novilhas prenhas. Portanto, deve-se levar em consideração as exigências de certas categorias para determinar o grupo de desnate, animais de maiores exigências, que entrarão antes nas parcelas para consumir as partes altas das plantas, onde o índice de folhas novas é maior, apresentando maior digestibilidade e um valor nutritivo superior. As categorias de menores exigências, que formarão o grupo de repasse, consumirão as partes mais baixas das plantas, com maior índice de talos e folhas velhas, sendo portanto, mais lignificadas, o que resulta em uma menor digestibilidade e baixo valor nutritivo.

Animais que entram por primeiro em uma determinada parcela têm, a seu dispor, uma quantidade maior e mais nutritiva de forragem, possibilitando um consumo e uma seletividade maior. À medida que os animais selecionam as partes mais palatáveis das plantas, ao longo do período de ocupação, a pastagem apresenta proporção crescente de material não preferido ou recusado, como colmos e material morto, dificultando cada vez mais a seleção e a ingestão de forragem (BRÂNCIO *et al*, 2002).

Lopes *et al* (2004), trabalhando com pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) manejada em método rotativo, com período de ocupação de três dias por piquete, observou que para cada dia adicional de ocupação ocorreu um decréscimo de 2,1% no teor de proteína bruta e um aumento de 2,7% de fibra em detergente ácido (FDA) e 1,8% de fibra em detergente neutro (FDN) nas amostras coletadas.

Cóser *et al* (1999, p. 866) observaram a diminuição gradativa dos teores médios de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de folhas verdes em pastagens de capim elefante submetidas a diferentes períodos de ocupação durante uma seqüência de dias de pastejo – época chuvosa (Tabela 01).

Tabela 01. Teores médios de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca, de folhas verdes de capim-elefante, submetidas a diferentes períodos de ocupação durante uma seqüência de dias de pastejo – época chuvosa.

Período de ocupação (dias)	Seqüência de pastejo					
	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
	Proteína bruta (%)					
1	18.6	11.7				
3	17.3	14.8	13.1	11.3		
5	17.2	15.6	14.1	12.8	11.9	10.9
	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (%)					
1	71.3	60.9				
3	72.4	68.9	63.5	59.5		
5	70.2	70.0	67.6	61.7	60.4	58.1

Fonte: (Cóser *et al*, 1999, p. 866).

O tempo de ocupação de uma parcela varia de acordo com a quantidade de alimento disponível na área e a carga animal utilizada. Em função disso, em um rebanho leiteiro, é prudente dividi-lo no mínimo em dois grupos, desnate e repasse. Qualquer unidade de produção leiteira tem vacas recém paridas, com produções mais altas, vacas com produções médias, vacas em final de lactação, vacas secas e novilhas de reposição. Ao grupo de desnate, composto por vacas recém paridas, vacas com produções médias e vacas no final da gestação, é dado a oportunidade de entrarem por primeiro nas parcelas, colherem as maiores e melhores partes dos pastos, possibilitando melhores produções. O grupo de repasse, composto pelas vacas em final de lactação, vacas secas e novilhas de reposição, ou seja, animais com menores exigências nutricionais, consomem os estratos mais baixos, que apresentam menor qualidade quando comparado com os estratos mais altos (pontas das folhas).

Uma vaca de 500 kg, colocada num pasto de 15 cm de altura, se pastar até rapar produz apenas 11 litros, ao passo que, no grupo de desnate, poderia produzir 15 litros, no caso de dois grupos e, 18 litros no caso de três grupos, supondo-se, obviamente, que as aptidões leiteiras o permitam, assim como o estágio da lactação (VOISIN, 1974, p. 125).

4.1.3.4 Quarta lei – lei do rendimento regular

Para que uma vaca possa dar rendimentos regulares é preciso que não permaneça por mais de três dias em uma mesma parcela. Os rendimentos serão máximos, se a vaca não permanecer por mais de um dia numa mesma parcela.

À medida que aumenta o período de ocupação de um piquete, diminui a oferta de pasto, o que por sua vez diminui também a qualidade e a quantidade consumida pelos animais. Ou seja, a quantidade e a qualidade do pasto que o animal tem condições de consumir no primeiro dia de ocupação são maiores que no segundo que por sua vez são maiores que no terceiro.

Como a produção de leite está relacionada à quantidade e qualidade do alimento que a vaca ingere diariamente, a produção também irá diminuir à medida que aumenta o período de ocupação da parcela. Voisin (1974), observou que a produção baixa rapidamente desde o terceiro dia, diminuindo quase 10% a partir do quinto dia, e 15% a partir do sétimo dia.

Cóser *et al* (1999), observou variações diárias na produção de leite em pastagem de capim-elefante, manejadas com períodos de ocupação de um, três e cinco dias, sendo que a redução na produção de leite que ocorre próximo ao final do período de pastoreio em cada piquete, reflete o efeito residual do consumo de forragem de baixa digestibilidade, persistindo esse efeito quando as vacas são colocadas num novo piquete. Após um ou dois dias num novo piquete, esse efeito torna-se nulo pelo consumo de forragem mais digestível e conseqüentemente, a produção de leite volta a aumentar.

Portanto, somente é considerado Pastoreio Racional Voisin, o manejo realizado com os animais e com o pasto que respeita absolutamente as quatro leis universais, propostas por Voisin em 1957.

4.1.4 DIVISÃO DA ÁREA

O cumprimento das quatro leis universais do pastoreio racional, condição preliminar para serem alcançados os máximos rendimentos na produção bovina, seja de corte, seja de leite, só pode ser efetivado através da divisão da área em parcelas, piquetes ou potreiros. Independentemente do tamanho do campo – desde micro a macro extensões – é a divisão da área que viabiliza ao humano comandar o pastoreio e o gado a comer o pasto em seu ponto ótimo de repouso (MACHADO, 2004).

Para determinar o número mínimo de parcelas, consideram-se as espécies forrageiras, as condições climáticas locais, o período de ocupação (PO) pretendido em cada parcela e o número de lotes ($N^{\circ} L$) que dividir-se-á o rebanho, no mínimo dois, desnate e repasse.

Baseado na estação do ano em que as condições climáticas locais são adversas ao bom desenvolvimento das espécies forrageiras, determina-se o número mínimo de dias necessário para as plantas restabelecerem suas reservas – tempo de repouso (TR). Depois de definido o tempo de repouso (TR), o período de ocupação (PO) e o número de lotes ($N^{\circ} L$), determina-se o número de parcelas, utilizando a fórmula proposta por Voisin:

$$\text{Número de parcelas} = (\text{TR} \div \text{PO}) + N^{\circ} L$$

4.2 EFICIÊNCIA DO PASTOREIO

Eficiência do pastoreio é a quantidade de pasto consumido pelos animais ao ocuparem uma certa parcela, expressa em percentagem (%), sendo determinada pela relação entre a disponibilidade de pasto possível de ser colhida pelos animais antes e após o período de ocupação, estando diretamente relacionada com a carga animal utilizada, o período de ocupação e a taxa de lignificação das forrageiras.

Utilizando-se uma alta carga animal instantânea (≥ 200 UGMs¹/ha), com a pastagem no ponto ótimo de repouso, obtém-se certamente uma eficiência de pastoreio maior que 75%. Machado (2004), afirma que em PRV a eficiência de pastoreio situa-se entre 75 e 90%.

Com a utilização de baixas cargas instantâneas, permite-se que os animais exerçam certa seleção na sua dieta alimentar, conseqüentemente diminuindo a eficiência de pastoreio (LENZI, 2003).

Talos, colmos e estolões lignificados apresentam baixa ou nula capacidade fotossintética, com balanço energético negativo na relação assimilação/respiração, onde a energia transformada é menor do que a gasta. Isto provoca um dreno de energia que poderia ser direcionado para o desenvolvimento maior das partes aérea e subterrânea.

Após o corte, em função da redução das folhas, principal área realizadora de fotossíntese, ocorre simultaneamente uma paralisação no desenvolvimento radicular, em detrimento da parte aérea. Pagotto (2001), analisando a dinâmica do sistema radicular do capim Tanzânia (*Panicum maximum*), observou que até 12 dias após o pastejo não houve crescimento de novas raízes, indicando que a planta fica sob condição de estresse até pelo menos duas semanas após ser colhida, independente do manejo imposto.

Portanto, o manejo de pastoreio deve ser feito com a pastagem em seu ponto ótimo de repouso, com cargas instantâneas altas. Grupo de desnate e repasse e períodos de ocupação

¹ Unidade de gado maior, equivalente a um bovino de 500 kg.

que permitam uma eficiência de pastoreio ótima ($\geq 75\%$). Com esta eficiência de pastoreio reduz-se à proporção de plantas lignificadas, ocasionando um direcionamento maior da energia para o desenvolvimento de partes mais digestíveis, sempre observando um período de repouso suficiente para a planta restabelecer suas reservas e reiniciar o desenvolvimento radicular.

Vincenzi (1994, p. 53) conclui sobre alguns aspectos fundamentais no manejo dos pastos, principalmente visando a sua persistência. Primeiro, a necessidade de repouso para que o sistema radicular não se debilite. Segundo, quanto maior o tempo de repouso, mais vigoroso, mais abundante, mais profundo, mais ativo será o sistema radicular. Terceiro, períodos de repouso curtos são insuficientes para a recuperação do sistema radicular e acabam debilitando-o. Por isto, o pastoreio rotativo só é eficiente utilizando-se períodos de repouso adequados. Quarto, mas não menos importante, sem períodos de repouso adequados é muito difícil garantir uma pastagem perene.

4.3 SISTEMA RADICULAR

4.3.1 HISTÓRICO

O histórico a seguir, é baseado na obra de Klepper (1992, p. 7-9).

Um dos mais antigos experimentos relacionados com a medição de raízes foi realizado por Stephen Hales em 1727, que lavou o sistema radicular de um girassol cultivado em um vaso. Ele mediu o comprimento total da raiz obtendo como resultado 44 metros. Em outras ocasiões, já havia estimado em 0,567 kg a perda de água do vaso, pela mudança de peso ocorrida em 12 horas.

Ainda de acordo com Klepper (1992, p. 7-9), em 1837, com os trabalhos de Dutrochet, tem início a interpretação dos processos de consumo de água pela planta. Nesse

período, a maior parte dos esforços dos pesquisadores era direcionada a definição dos tecidos internos da raiz e suas funções e, na metade do século XIX, o fisiologista alemão Sachs estabeleceu a idéia de que a maior parte da absorção de água acontecia nas extremidades das raízes que tinham maior quantidade de pelos radiculares. Já no final do século, havia uma gama de informações considerável sobre anatomia e morfologia das raízes. E, em 1914, em trabalho clássico sobre anatomia fisiológica das plantas, Haberlandt discute alguns detalhes do contato epidérmico e dos pelos radiculares com o solo, descrevendo cuidadosamente a estrutura endodermal. Nessa descrição, ele afirma que sua função era “restringir o deslocamento a certas direções e evitar a fuga prematura de substâncias que estão se movendo nos feixes vasculares”.

O trabalho de Weaver, em 1926, foi crítico em estabelecer nosso entendimento do quão extenso podem ser os sistemas radiculares das culturas. Descrevendo a extensão e a profundidade, ele relatou que o trigo de inverno se enraizou à profundidade de pelo menos dois metros no Nebraska.

Em 1938, Meyer desenvolve os termos “deficiência de pressão de difusão”, definindo melhor o movimento da água dentro das plantas e Maximov enfatiza a quantidade de água transpirada e a grande superfície de absorção fornecida pelas raízes, especialmente quando os pelos radiculares são levados em consideração.

Gardner, em 1960, e Cowan em 1965 desenvolvem modelos de absorção de água do solo pelo sistema radicular das culturas.

Newman, em 1966, desenvolve um sistema de grade para contar o número de interseções de um sistema radicular isolado e distribuído sobre a grade.

Em 1973, Allmaras *et al* desenvolvem estudos com grandes blocos do campo e lavando-os sobre uma grande tábua. Essa técnica deu estimativa acurada da distribuição das

raízes. A única exceção está no fato de que as raízes menores foram provavelmente pouco representadas na amostra, tendo sido perdidas ou destruídas durante o processo de lavagem.

Em 1982, Huch e Taylor desenvolvem os rizotrons - laboratórios de observação não destrutiva de raízes cultivadas em condições semelhantes às do campo. Um dos primeiros rizotrons foi construído na Inglaterra com o propósito de observar a dinâmica de crescimento sazonal de árvores e arbustos perenes, conclui Klepper.

4.3.2 RELAÇÕES ENTRE SISTEMA RADICULAR, PARTE AÉREA DAS PLANTAS E SOLO

Existem complexas relações entre as plantas forrageiras sob pastoreio (parte aérea, sistema radicular) e o solo, principalmente quando o solo for considerado muito mais do que um simples substrato para a fixação das plantas e o sistema radicular, muito mais do que um órgão especializado na absorção de água e nutrientes. Ambos devem ser vistos como meios naturais, complexos e dinâmicos, que interagem e influenciam-se mutuamente, pois a planta, através de seu sistema radicular, promove mudanças químicas, físicas e biológicas no solo, que também ocasiona mudanças no desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

Trinta por cento dos produtos da fotossíntese são drenados para as raízes (GOSS, 1993). Isto promove importantes funções como: absorver água e nutrientes minerais, fixar, armazenar e produzir substâncias de reserva e controle de crescimento, segregar materiais orgânicos no solo e servir de meio para o estabelecimento de relações simbióticas com microrganismos, como as realizadas com as bactérias fixadoras de nitrogênio e os fungos micorrízicos.

A produção e armazenamento de substâncias de reserva nas raízes e base dos colmos é um mecanismo que as plantas forrageiras utilizam para emitir o rebrote após uma desfolha

intensa, (2 a 3 cm do solo). Ao se adotar este manejo, a energia total proveniente da fotossíntese realizada pelo remanescente de área foliar não é suficiente para a sobrevivência da planta, levando-a mobilizar suas substâncias de reserva. Os carboidratos não estruturais são então mobilizados para o início do rebrote da pastagem. O rebrote evolui e adquire capacidade fotossintética, com a conseqüente formação de carboidratos não estruturais. Este processo vai acumulando energia na parte aérea até que haja um excedente, que migra para a base da planta e para seu sistema radicular, reabastecendo suas reservas e preparando a planta para um novo pastoreio (MACHADO, 2004, p. 67).

Dawson *et al* (2000), citado por Cecato *et al* (2004, p. 165), considera o número de raízes e de suas ramificações relevantes, principalmente por intensificar a absorção de nutrientes. Entretanto, o maior benefício que as raízes conferem as plantas é a capacidade de mobilizar substâncias de reserva para o desenvolvimento da parte aérea da planta em momentos de rebrota. Segundo os mesmos autores, há uma correlação positiva entre a concentração de carboidratos não estruturais nas raízes, no vigor da rebrota e uma relação positiva entre sua concentração e a massa radicular.

A utilização da planta seja por corte ou pastejo, interrompe o crescimento das raízes logo nas primeiras 24 horas e atinge a maior parte do sistema radicular acarretando morte e decomposição das raízes mais velhas (CECATO *et al*, 2004, p. 168).

Entretanto, Pagotto (2001) em experimento com capim Tanzânia, observou que até 12 dias após o pastoreio leve (resíduo de 2500 e 4000 kg de MS verde/ha), não houve crescimento de novas raízes, indicando que a planta fica sobre condições de estresse até pelo menos duas semanas após ter sido pastoreada. Para o pastoreio mais intenso (resíduo de 1000 kg de MS verde/ha), o desenvolvimento radicular ficou comprometido até três semanas, após o pastoreio. Mas, não é o pastoreio a fundo que leva à degradação do sistema radicular e sim, o fato de não ser respeitado um período mínimo de repouso, suficiente para as plantas

restabelecerem seu sistema de reservas. Se isto não for respeitado, ocorre o exaurimento progressivo das reservas do sistema radicular e conseqüente redução progressiva da parte aérea.

Muller *et al* (2001, p. 1415), comparando o sistema radicular de uma pastagem produtiva de colômbio (*Panicum maximum*) - P1, com uma pastagem de colômbio em declínio produtivo - P2, observou diminuição no número de raízes em P2, em todas as profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm), indicando uma relação entre a degradação do sistema radicular e da parte aérea.

As plantas forrageiras (parte aérea, sistema radicular) são importantes ferramentas atuando no sentido de reduzir os efeitos indesejáveis que o pisoteio ocasiona. Quando os tempos de repouso não são respeitados, a pastagem entra em declínio produtivo, com redução da parte aérea e conseqüentemente do sistema radicular, diminuindo seu poder de amortecimento. Isso aumenta os efeitos deletérios do pisoteio sobre o solo e, por sua vez, do solo sobre as plantas, acelerando o processo de degradação.

Outrossim, o sistema radicular libera para o solo de 50 a 100 mg.g⁻¹ de raiz/dia de produtos orgânicos diversos: mucigel e exsudatos, facilitando o desenvolvimento de um ecossistema microbiano muito especializado (1 a 3 mm da raiz), que suporta populações de 10 a 100 vezes superior ao solo adjacente - efeito rizosférico (MOREIRA E SIQUEIRA, 2002, p. 363). Segundo esses autores, em termos de biomassa, os organismos do solo podem ter 10 toneladas por hectare ou mais, quantidade equivalente ou até maior que as melhores produções de certas culturas agrícolas.

A liberação de produtos orgânicos diversos (aminoácidos, ácidos orgânicos, açúcares, enzimas, etc...) na rizosfera, é fonte de energia para microrganismos que, por sua vez, serão decompostos por outros organismos, formando uma cadeia trófica responsável por inúmeros processos essenciais como decomposição, fixação de nitrogênio, etc...

A intensa atividade biológica do solo pastoril explica porque o estudo do sistema radicular de uma pastagem perene, ou seja, de todo o conjunto dos seus órgãos subterrâneos e de toda a atividade biológica a eles associada, tem grande importância para o manejo da pastagem, visando maiores produções, perenidade e eficiência em termos de conservação do solo, inclusive na recuperação de solos degradados (VINCENZI, 1994, p. 53). Manejos que ocasionam redução no sistema radicular das plantas forrageiras estão inevitavelmente fadados ao fracasso, ocasionando as constantes reformas dos pastos, onerando o custo de produção.

O solo também ocasiona mudanças no desenvolvimento do sistema radicular. Regiões ou horizontes que contém elementos metálicos (tais como alumínio) em forma solúvel, podem ser tóxicos ao alongamento das raízes.

A temperatura do solo influencia no desenvolvimento do sistema radicular. Orderdonk e Ketcheson *Apud Goss et al* (1993) descobriram que raízes de milho crescem em um plano mais horizontal a 17° C do que em qualquer outra temperatura mais alta ou mais baixa e Cecato *et al* (2004, p. 164) cita que as raízes das gramíneas e das leguminosas são sensíveis às variações na temperatura. Nas gramíneas tropicais, as raízes se desenvolvem até temperaturas de 30° C, enquanto que nas gramíneas temperadas o desenvolvimento do sistema radicular ocorre somente até 20° C.

A compactação, gerada por práticas de manejo como a utilização de maquinários e pisoteio de animais em áreas de pastejo, ocasiona um aumento na densidade do solo. Aumentos na densidade reduzem a macroporosidade, diminuindo a taxa de difusão de oxigênio e do calor que pode chegar até a superfície das raízes, da infiltração de água e de sua armazenagem. Solos compactados oferecem resistência mecânica ao desenvolvimento do sistema radicular, causando mudanças na sua morfologia, afetando seu diâmetro, comprimento e ramificações, criando um ambiente desfavorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

As alterações nas propriedades físicas do solo provocadas pelo pisoteio animal dependem, da intensidade e frequência do pastoreio, das características das forrageiras (hábito de crescimento), da textura da camada superficial do solo, da umidade no momento do pastoreio e dos condicionadores do pastejo como bebedouros e cochos de sal (LUZ E HERLING, 2004, p. 210). No entanto, o sistema de condução dos animais em um ecossistema pastoril, contínuo ou rotacionado e a forma de implantação da pastagem com aração, gradagem ou sobre-semeadura, são importantes condicionadores de uma maior ou menor alteração nas propriedades físicas do solo.

A compactação produzida pelos animais e pelos veículos tem efeitos diferentes, segundo a profundidade do solo considerada. Há uma relação entre o tipo de pressão e a profundidade de compactação. Os animais compactam o solo mais superficialmente. Já com os veículos o efeito compactação dá-se nas camadas mais profundas, (GREENWOOD E MCKENZIE, 2001, p. 1233). Estes pesquisadores afirmam que a maioria dos solos sob pastagem, mesmo aqueles administrados para minimizar a degradação física, são compactados até certa profundidade.

Segundo Luz e Herling (2004, p. 210), é pertinente a preocupação com sistemas de produção de elevada intensidade de pastejo e suas conseqüências sobre a degradação da pastagem em seus atributos físicos, uma vez que conduzem à redução da produtividade, geram problemas de conservação do solo e da persistência das espécies forrageiras. Repete-se, sempre que não são respeitados os tempos de repouso da pastagem.

Bertol *et al* (2000, p. 1048-1049) avaliaram em pastejo contínuo, as alterações nas propriedades físicas do solo em duas profundidades, 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, relacionadas a diferentes níveis de oferta, 4,0%; 8,0%; 12,0% e 16,0% de forragem de capim-elefante-anão (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Mott. Para ter pressões de pastejo diferentes, os pesquisadores ajustaram a carga animal, respectivamente, em: 2.436 kg; 1.731 kg; 1.616 kg e

1.200 kg/ha/dia de peso vivo em média, durante os dois anos do experimento. Um campo natural e uma mata nativa foram mantidos como testemunhas. Em todos os tratamentos, a densidade foi maior, a macroporosidade e a porosidade total menor na profundidade de 0 a 5 cm, do que na de 5 a 10 cm, demonstrando que a pressão mecânica exercida pelo pisoteio animal foi suficiente para alterar as variáveis na superfície do solo.

A pressão exercida sobre o solo está em função do peso, da área do casco e se o animal está em deslocamento ou parado. Em deslocamento, o peso se concentra sobre três cascos, exercendo uma pressão maior sobre o solo.

As pressões exercidas por ovelhas são em média de $0,67 \text{ kgf.cm}^{-2}$ e as do gado, $1,4 \text{ kgf.cm}^{-2}$. Estas pressões estáticas são similares às pressões de contato nominais do pneu ($0,79 - 0,83 \text{ kgf.cm}^{-2}$) e da esteira ($0,59 \text{ kgf.cm}^{-2}$) de tratores descarregados. (BLUNDEN *et al*, *Apud* GREENWOOD E MCKENZIE, 2001, p. 1232). No entanto, Schofield *et al* *Apud* Greenwood e Mckenzie (2001, p. 1232), mediram a pressão de uma vaca leiteira de 530 kg caminhando e encontraram $3,06 \text{ kgf.cm}^{-2}$, isto é, mais que duas vezes sua pressão estática. Klapp (1971, p. 610), calcula uma pressão de cerca de 1 kgf.cm^{-2} para vacas grandes paradas e até 4 kgf.cm^{-2} para vacas em movimento. Portanto, a compactação do solo, exercida pelo pisoteio dos animais, apresenta relação com o sistema de manejo utilizado. Como nos sistemas de pastejo contínuo os animais perambulam longas distâncias, selecionando e procurando seu alimento, as alterações das características físicas do solo são maiores.

Machado (2004, p. 89), em medições realizadas com penetrômetro em campos com pastejo extensivo, encontrou níveis de resistência a penetrações superiores a 22 kgf.cm^{-2} , ou seja, compactação que produz severa restrição à penetração das raízes, da água e do ar. Imhoff *et al* (2000, p. 1493), assumem o valor limite de $25,5 \text{ kgf.cm}^{-2}$, acima do qual o desenvolvimento das plantas é afetado.

As raízes crescem, primeiramente, nas lacunas existentes, mas sempre que houver falta de poros, as raízes desalojam o solo. Esta capacidade de abrir caminho entre as partículas é característica específica de cada espécie vegetal.

Poucas espécies têm raízes com diâmetro inferior a 0,1 mm e, as raízes jovens, em pleno crescimento, da maioria das plantas herbáceas e arbóreas, são consideravelmente maiores do que esse valor, sendo, portanto, bem maiores do que os poros drenados na “capacidade de campo”, cujo diâmetro está na faixa de 0,05 mm. Por isso, os macroporos constituem a rota principal ao crescimento das raízes, de modo que solos mal estruturados podem inibir o pleno desenvolvimento do sistema radicular (CAMARGO E ALLEONI, 1997, p. 16).

Muller *et al* (2001, p. 1416), explicam o aumento no número de raízes na camada de 20 a 50 cm de profundidade, em uma pastagem recuperada, na maior rusticidade do *Andropogon gayanus*, já que nesta camada, a porosidade foi menor entre todos os tratamentos testados.

Segundo Klapp (1971, p. 115), as raízes estão dependentes de um suficiente volume de poros no solo, de uma boa circulação de água, do ar e dos nutrientes minerais disponíveis. Os horizontes com elevado volume de poros são mais fortemente atravessados pelas raízes do que os compactados.

A diminuição da qualidade física do solo pode ser aferida medindo-se a densidade e tamanho dos agregados, alterações na distribuição do tamanho dos poros, taxa de infiltração e resistência à penetração. A medida de resistência à penetração é um parâmetro físico utilizado para estabelecer o grau de compactação do solo (IMHOFF *et al*, 2000, p. 1493). O comportamento da resistência à penetração varia em função da umidade e da densidade, de forma que a resistência diminui quanto maior a umidade e aumenta quanto maior a densidade (SILVEIRA, 2002, p. 15).

Em trabalho de campo, Erpen (2004, p. 97) encontrou coeficiente de concordância em 83,33%, entre as variáveis densidade aparente e resistência à penetração.

Segundo Klapp (1971, p. 117) e Machado (2004, p. 96) o sistema radicular das forrageiras sob pastoreio se concentra na camada mais superficial do solo – 0 a 10 cm. Para Voisin (1974, p. 64-65), isto se explica em função da concentração dos elementos minerais assimiláveis e da vida intensa que ocorre nesta camada do solo pastoril.

4.4 MATÉRIA ORGÂNICA

A qualidade do solo é o produto dos componentes físicos, químicos e biológicos e de suas interações. Esforços para definir e quantificar a qualidade do solo não são recentes. No entanto, o estabelecimento de indicadores padrões para avaliar a qualidade do solo permanecem escassos (MORAES *et al*, 2004, p. 110).

A rápida degradação da maioria dos solos sob explorações agropecuárias causa preocupações constantes na sociedade em geral e, em particular, nos pesquisadores comprometidos com as questões ambientais. Em decorrência da importância do tema, inúmeros indicadores são desenvolvidos para monitorar a estabilidade dos sistemas produtivos.

Mielniczuk (1999, p. 2-9), aponta para a necessidade de definir atributos de qualidade de solo e de ambiente, sensíveis ao manejo e de fácil determinação, passíveis de serem monitorados, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores, em tempo de evitar a sua degradação. O conteúdo de matéria orgânica do solo é apontado como um indicador chave da sua qualidade. O teor de matéria orgânica é provavelmente o atributo que melhor representa a qualidade do solo, embora seja alterado pelas práticas de manejo. O seu declínio ao longo do tempo estará indicando algum erro no sistema de manejo adotado: baixa fertilidade; baixa produção de resíduos; excesso de

revolvimento; erosão acelerada, etc. A persistência no erro, inevitavelmente, conduzirá a exploração agrícola a uma situação insustentável do ponto de vista ambiental e , por fim, econômico.

A matéria orgânica do solo é integrada pela desintegração parcial de plantas e por plantas decompostas, resíduos animais e outros compostos orgânicos de origem da biomassa microbiana, Erpen (2004, p. 22), da meso e macrofauna. No ecossistema pastoril, o sistema radicular é uma importante fonte de material orgânico, principalmente o de gramíneas forrageiras perenes por ser exuberante e agressivo. Como apresentam ciclo relativamente curto, há uma contínua adição de restos orgânicos ao solo devido à morte das raízes. Todos os anos, uma parcela das raízes morre e se decompõe e, entre três a quatro anos, todo o sistema radicular se renova (MACHADO, 2004, p. 97). Em função desta constante adição de material, o teor de matéria orgânica em pastagens tende a decrescer menos bruscamente com a profundidade (MELO *et al*, 1983, p. 107).

A matéria orgânica exerce papel importante nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Bayer e Mielniczuk (1999, p. 16-23) e Melo *et al* (1983, p. 119-128), destacam como efeito químico: a disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions e a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes fundamentais em solos tropicais, na sua maioria altamente intemperizados e ácidos; físico: a principal característica do solo afetada pela matéria orgânica é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação, indiretamente são afetadas as demais características físicas como: densidade, porosidade, aeração, a capacidade de retenção e infiltração de água, resiliência entre outras, que são fundamentais à capacidade produtiva do solo; biológicas: atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioeterotróficos e, através da mineralização do N e S orgânicos atuam como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos. Por essas características, os autores definem a matéria orgânica como um

componente fundamental da capacidade produtiva dos solos e que a adoção de sistemas de uso e manejo deve levar em consideração, entre outros aspectos, o seu efeito sobre os teores de matéria orgânica dos solos.

Machado (2004, p. 93), reconhece todas as funções químicas e físicas da matéria orgânica, porém, define como mais relevante à biológica, através do estímulo e desencadeamento da biocenose, isto é, dos processos bioquímicos, que lhe dão a condição de catalisadora da vida no solo, de biocatalisadora. Por criar as condições favoráveis para o desenvolvimento da vida no solo e seu efeito positivo sobre a agregação, melhorando as características físicas, permite que importantes ciclos se estabeleçam, como o ciclo etileno.

Quando as plantas estão estabelecidas e crescendo, a atividade das raízes é intensa, e nas áreas cercadas com os pêlos radiculares haverá uma proliferação de microrganismos que se alimentam dos exsudatos vegetais. Esta alta atividade levará a uma redução do oxigênio na rizosfera. Outros organismos, que não dependem de oxigênio, começam suas atividades produzindo gás etileno, que se difunde entre os microssítios dos poros. Uma vez nos poros, o etileno inativa, porém não mata os aeróbios. A medida que o nível de etileno aumenta, os sais férricos (Fe^{+++}) insolúveis são reduzidos a um estado ferroso (Fe^{++}). O fósforo e o enxofre que fazia parte do complexo de sal férrico tornam-se disponíveis para as plantas. Igualmente, o ferro ferroso se fixa aos domínios orgânicos da argila, liberando nutrientes vegetais catiônicos como amônia, cálcio e potássio, na solução do solo (WIDDOWSON, 1993, p. 44).

Moreira e Costa (2004, p. 1017), determinaram a existência de correlação linear significativa e positiva entre a biomassa microbiana e o teor de matéria orgânica no solo.

No processo de decomposição, seres micro e macroscópicos atuam de modo interativo, formando uma cadeia trófica onde os reguladores (especialmente invertebrados macroscópicos), têm a função de trituradores, atuando também como predadores e parasitas,

enquanto fungos, bactérias e actinomicetos são essencialmente decompositores primários (MOREIRA E SIQUEIRA, 2002, p. 192).

O conteúdo de matéria orgânica no solo é determinado pela relação entre a taxa de adição efetiva e a taxa de perdas, as quais estão intimamente relacionadas com a forma de uso. Após um longo período sob manejo constante, os teores de matéria orgânica tendem novamente a um nível estável. As taxas de perda de matéria orgânica são afetadas principalmente pelo preparo do solo, especialmente pela intensidade de revolvimento, devido a influência que este apresenta sobre a temperatura, umidade e aeração, ruptura de agregados, grau de fracionamento e incorporação dos resíduos culturais e pela cobertura do solo (BAYER E MIELNICZUK, 1997).

O decréscimo é mais acentuado nos primeiros anos de cultura e depois se vai tornando gradativamente menos intenso, até atingir um estado de equilíbrio com as novas condições (natureza da cultura, manejo do solo, práticas culturais, adubação, etc). Este estado de equilíbrio é dado, pelo nível de agressão ao qual o solo está submetido, de forma que, agressões semelhantes e continuadas tenderão ao equilíbrio mínimo. Atingindo o novo equilíbrio matéria orgânica - ambiente, ela se manterá razoavelmente constante. Porém, se as condições se alterarem, o conteúdo orgânico também sofrerá alterações, aumentando, ou diminuindo, até atingir novo nível de equilíbrio (MELO *et al*, 1983, p. 134-135).

Diversos pesquisadores como Bayer e Mielniczuk (1999, p. 9) e Cecato *et al* (2004, p. 113), apontam as pastagens como forma de manter ou recuperar a capacidade produtiva dos solos através do aumento dos teores de matéria orgânica. Através da fotossíntese, as plantas forrageiras captam a energia solar e a transformam em energia química. Esta energia, mais água e nutrientes extraídos do solo, formam a biomassa vegetal, que poderá formar a serapieira ou ser consumida pelos animais. Uma vez ingerida pelos herbívoros, parte é gasta em sua manutenção, outra é transformada em produto animal e uma terceira parte retorna ao

sistema pastoril na forma de excrementos (bosta e urina). Em pastagens permanentes bem manejadas, este processo resulta em um seqüestro de carbono atmosférico, cujo saldo, deduzindo o que é transformado em biomassa dos organismos do solo, a respiração dos vegetais da micro e meso fauna, o restante é acumulado no solo sob a forma de matéria orgânica humificada (húmus) que é, por sua vez, um dos principais reservatórios de carbono terrestre.

Moraes *et al* (2004, p. 115), analisando o trabalho de Mello *et al* (2004), que avaliou o estoque de carbono orgânico em pastagem natural no RS com diferentes ofertas indica que, os dejetos têm um efeito positivo sobre o estoque de carbono orgânico e suas frações em áreas de pastagem, e que, a otimização da distribuição dos dejetos através da mudança da posição das cercas e aguadas pode auxiliar na manutenção de estoques de carbono no solo.

Bernoux *et al* (1999) quantificaram os estoques de carbono e nitrogênio e suas origens, em uma cronossequência de pastagens em um mesmo solo. Selecionaram quatro áreas contíguas, as quais foram denominadas mata natural (tropical amazônica) e pastagens de 4, 10 e 15 anos, no município de Paragominas, Estado do Pará. Concluíram que nos vinte centímetros superficiais do solo estão estocados 3,46; 3,79; 3,49 e 4,35 kg.m⁻² respectivamente, nas áreas de mata natural e pastagens de 4, 10 e 15 anos. O acréscimo de 0,33 kg.m⁻² e 0,89 kg.m⁻² nas áreas de pastagens cultivadas por 4 e 15 anos confirmam que a implantação da pastagem conduz, ao longo do tempo, a um aumento no conteúdo de carbono do solo. A quantidade de carbono presente na pastagem de 10 anos, praticamente igualou-se a da mata natural, sendo menor que o estoque encontrado na pastagem de quatro anos. Este estoque menor de carbono na pastagem de 10 anos, quando comparado ao quatro anos, se explica no fato de nessa parcela ter sido cultivado milho, dois anos consecutivos, antes da implantação da pastagem.

Resultados contrários foram obtidos por Moreira e Malavolta (2004, p. 1104; 1107), estudando duas cronossequências: CA - sucessão floresta primária e cupuaçuza (3 anos) e CB - sucessão floresta primária, pastagem de *Brachiaria humidicola* (8 anos) e cupuaçuza (3 anos), em Manaus, Amazonas. Os pesquisadores observaram que na cronossequência CA quando comparada com a floresta primária, não houve diferença significativa, porém a cronossequência CB acarretou diferenças significativas no teor de matéria orgânica em todas as camadas (0-10; 11-20; 21-40 e 41-60 cm de profundidade).

A quantidade de matéria orgânica no solo é modificada pelas práticas de manejo adotadas nos sistemas produtivos. No ecossistema pastoril não é diferente: o manejo adotado com os animais, as plantas e o solo determinam um aumento ou diminuição nos teores de matéria orgânica, que por sua vez dita a capacidade produtiva do sistema. Não há dúvida que a bioestrutura e toda produtividade do solo se baseia na presença de matéria orgânica em decomposição ou humificada (PRIMAVESI, 1979, p. 108).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 LOCAL

O trabalho foi realizado na unidade didática de bovinocultura de leite do Colégio Agrícola de Camboriú – CAC. O CAC foi criado em 8 de abril de 1953 e incorporado à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, em 1968. Situa-se a 85 km de Florianópolis e está localizado na rua João da Costa s/n, centro, Camboriú. Sua via principal de acesso é a avenida Santa Catarina.

A região climática da Bacia do Rio Camboriú, de acordo com a classificação de Köeppen, pertence ao clima subtropical úmido, onde os meses mais frios (junho e julho) apresentam temperaturas médias em torno de 15° C e sem deficiências hídricas. Segundo dados da Epagri (1999), a temperatura média anual da região é de 19,5° C, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes. As geadas (leves) são raras e têm ocorrido nos locais de maior altitude nos meses de junho, julho e agosto.

A precipitação total anual média da região é de 1.600,4 mm, com a seguinte distribuição: 33,0% no verão (dez-jan-fev), 25,0% no outono (mar-abr-maio), 18,0% no inverno (jun-jul-ago) e 24,0% na primavera (set-out-nov). Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, sendo fevereiro o mês com maior precipitação média mensal, com 197,8 mm. As chuvas são regulares e bem distribuídas, sem estação seca definida e com precipitações totais anuais acima de 1.500 mm (EPAGRI, 1999).

A topografia da área é plana, o solo é classificado como Gleissolo Háptico (UBERTI, 2005)², com 33% de argila. De acordo com a classificação de Uberti *et al* (1991) *Apud* Epagri (1999), a área proposta se enquadra na classe 3h (classe 3 por drenagem), portanto, com restrições para uso com culturas anuais e uso preferencial para pastagem.

² Informação pessoal

O CAC possui uma área total de 194 hectares dentre os quais, 34 são de reserva florestal e 160 hectares são destinados à produção agropecuária, instalações físicas e acesso. O projeto, ora proposto, compreenderá uma área aproximada de 11,81 hectares, dividida em três áreas, com as seguintes dimensões:

Área do Módulo 1, com 7,82 hectares, subdividida em 34 piquetes (1, 2,...34) mais o piquete escola (Figura 03), área por piquete de 2.000 a 2.200 m², com predominância de *Brachiaria arrecta* (braquiária do brejo), *Brachiaria brizantha* (braquiária brizanta), *Trifolium repens* (trevo branco), *Cynodon* sp (grama ceda), *Setária anceps* (setária), *Brachiaria purpuracens* (capim branco), *Desmodium* sp (pege-pega) e o cruzamento espontâneo de *Brachiaria arrecta* x *Brachiaria purpuracens* (tangola). Essa área se encontra sob exploração pastoril há mais de 20 anos, estando dividida em 12 grandes piquetes, sendo que, nos dois últimos anos, pode se dizer que o pastejo se dava de forma contínua em função da precariedade das cercas e porteiras.

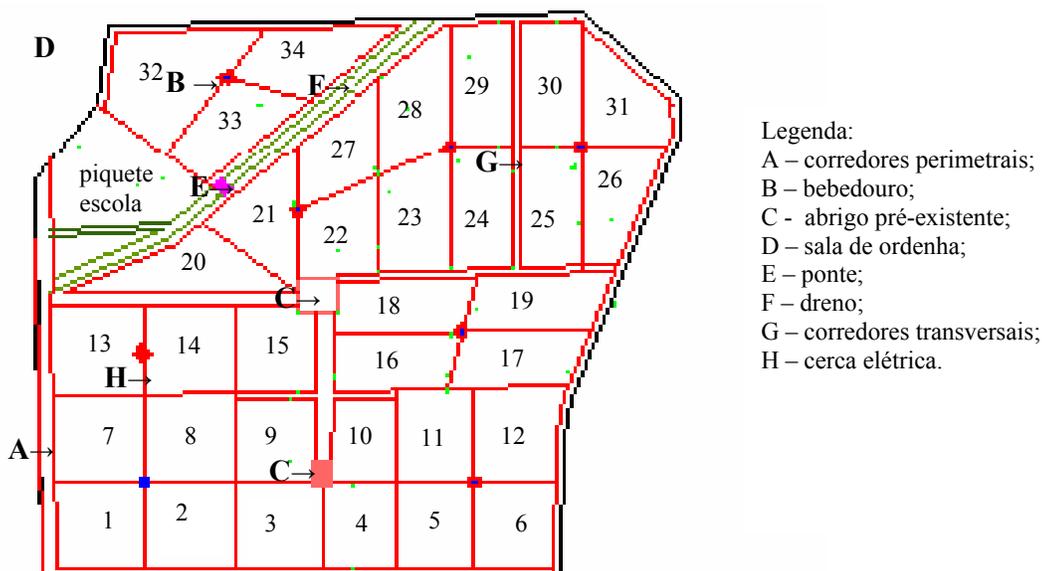


Figura 03. Módulo 1, com 7,82 hectares divididos em 34 piquetes e piquete escola, Camboriú, jan/04.

Área do Módulo 2, com 1,70 hectares (Figura 04). Parte desta área anteriormente foi cultivada com aveia (*Avena sativa*) e submetida ao preparo convencional do solo (aração e

gradagem). Esses 1,70 hectares foram divididos em oito piquetes (35, 36,...42), com área média de 2.000 a 2.200 m². Área com predominância de *Brachiaria purpuracens* (capim branco), *Trifolium repens* (trevo branco), *Echinochloa pyramidalis* (capim canarana), *Pennisetum purpureum* (capim elefante) e *Arachis pintoii* (amendoim forrageiro).

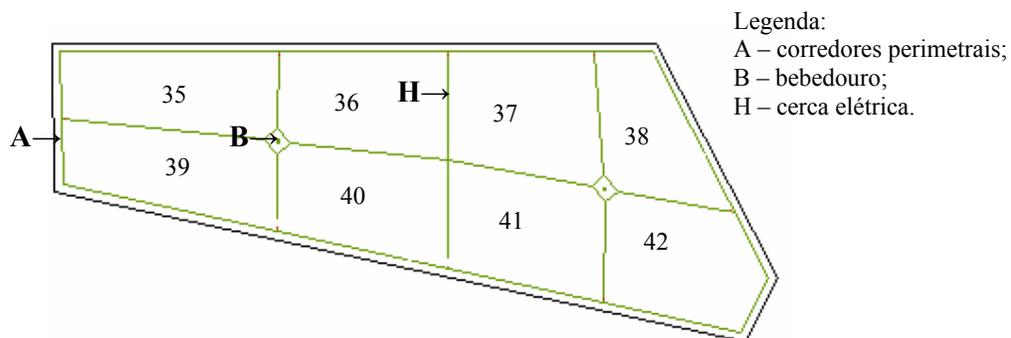


Figura 04. Módulo 2, com 1,70 hectares divididos em oito piquetes, Camboriú, jan/04.

Área do Módulo 3, com área de 2,29 hectares (Figura 05), anteriormente cultivada com culturas anuais como *Avena sativa* (aveia) e sorgo e submetida ao preparo convencional do solo (aração e gradagem). Essa área foi dividida em 34 piquetes (1, 2,...34) com área média de 600 a 800 m², tendo como predominante, em pequenas áreas, as forrageiras *Setária anceps* (setária), *Pennisetum purpureum* (capim-elefante), *Brachiaria brizantha* (braquiária brizanta), *Trifolium repens* (trevo-branco) e *Lotus corniculatus* (cornichão).

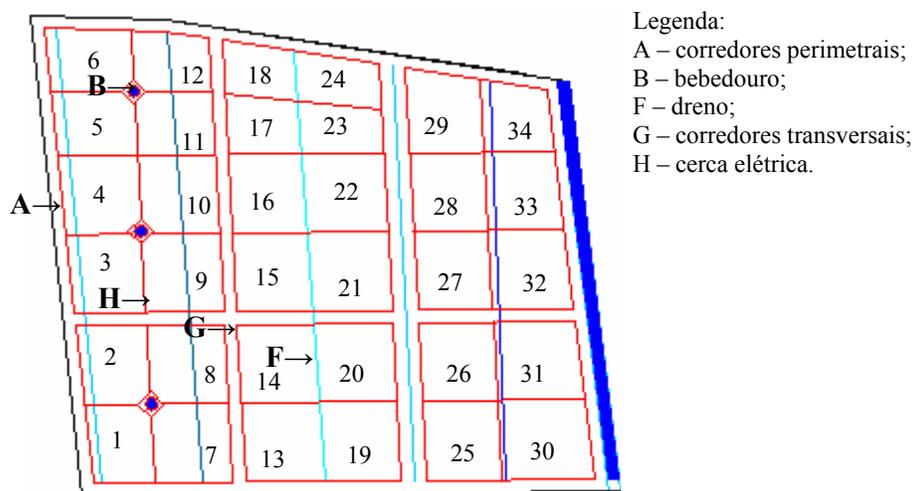


Figura 05. Módulo 3, com 2,29 hectares divididos em 34 piquetes, Camboriú, jan/04.

5.2 DETERMINAÇÃO DOS PIQUETES ONDE FORAM REALIZADAS AS AVALIAÇÕES

De acordo com avaliação visual das forrageiras, foram classificados, dentro de cada Módulo (1, 2, e 3), os piquetes ruins (R), médios (M) e bons (B). Na categoria B, estão os piquetes com maior oferta de pasto, que não apresentam áreas encharcadas e que têm mais do que cinco espécies forrageiras, dentre elas, no mínimo uma leguminosa com boa representatividade no piquete. Na categoria R, estão os piquetes que apresentam áreas encharcadas, com menor disponibilidade de pasto e oferta somente de gramíneas. Dentre os piquetes elencados em cada uma das três categorias (R, M e B) e, dentro de cada um dos três módulos, foi sorteado um, totalizando nove piquetes, nos quais realizaram-se as avaliações. Ficando assim definido:

- Módulo 1: piquete nº 24 (R), piquete nº 29 (M) e piquete nº 10 (B).
- Módulo 2: piquete nº 35 (R), piquete nº 38 (M) e piquete nº 40 (B).
- Módulo 3: piquete nº 10 (R), piquete nº 03 (M) e piquete nº 24 (B).

5.3 ÉPOCAS DAS AVALIAÇÕES

Com o objetivo de avaliar as mudanças ocorridas nas características químicas e físicas do solo, após a implantação do projeto de produção de leite à base de pasto, utilizando a tecnologia do PRV, foram realizadas as avaliações nos meses de janeiro, junho e outubro de 2004. No mês de janeiro foi efetuada a primeira coleta, representando a época anterior à implantação, onde os animais do plantel recebiam grande parte de volumoso no cocho na forma de capim picado e silagem, suplementando suas necessidades pela pastagem no Módulo 1. Os Módulos 2 e 3 não eram pastoreados pelos animais na época anterior a implantação do projeto. Em junho e outubro, foram realizadas a segunda e terceira coletas, respectivamente, representando o quinto e o nono meses da implantação do projeto. Onde, a partir da

implantação, o manejo de pastoreio dos animais do plantel e, esporadicamente, o grupo de “roçadeiras biológicas³” passaram a ser feito em 77 piquetes, considerando as quatro leis universais do PRV.

5.4 PONTOS DE COLETA

Em cada um dos nove piquetes avaliados, foram localizados 20 pontos de amostragem, distribuídos regularmente, resultantes de uma malha de quatro linhas e cinco colunas. Para a determinação das linhas, considerou-se a largura do piquete dividida por cinco e, para determinação das colunas, o comprimento dividido por seis. Das interseções das linhas com as colunas, originou-se os pontos centrais sobre os quais delimitou-se um quadrado de 50 cm x 50 cm, (2.500 cm²), área esta determinada para a coleta de todas as amostras (Figura 06).

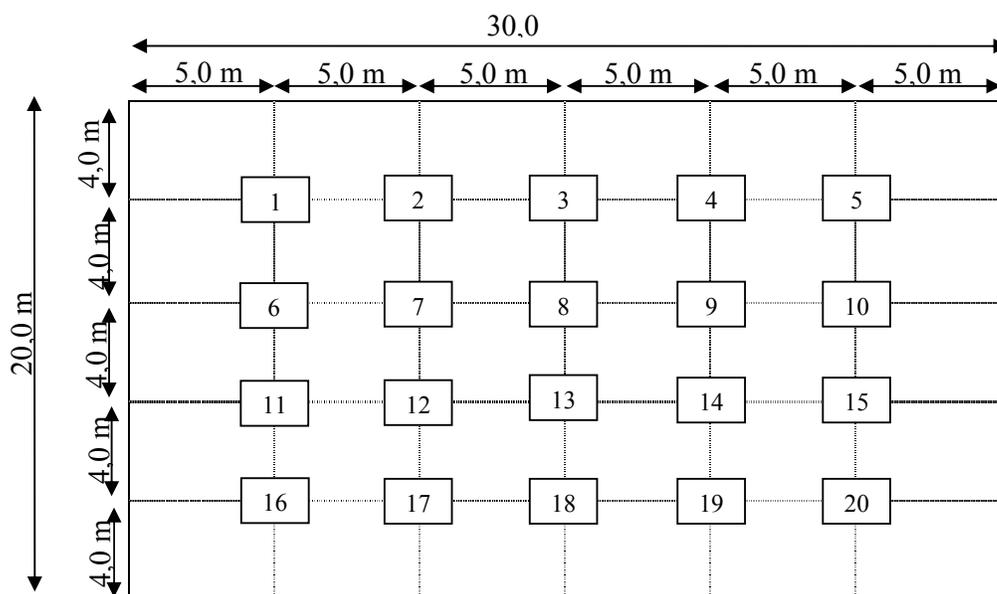


Figura 06. Representação esquemática da localização dos 20 pontos centrais de coleta de dados por piquete, resultantes das interseções de uma malha de quatro linhas e cinco colunas, sobre os quais delimitou-se um quadrado de 50 x 50 cm (2.500 cm²), área esta determinada para a coleta de todas as amostras.

⁴Roçadeiras biológicas: vacas de descarte, cuja principal função no projeto é completar o pastoreio, para que não fique resteva alta e/ou para produzir o efeito saliva (Machado, 2004, p. 10).

5.5 DADOS DO PROJETO

O Módulo 1 teve um tempo de repouso (TR) médio de 32 dias, sendo que o TR mínimo foi de 19 dias nos meses de janeiro/fevereiro e, o TR máximo, de 61 dias em maio para os piquetes pastoreados. O TR de 85 dias foi observado no princípio de outubro, para o piquete que foi deixado o *Lotus corniculatus* (cornichão) sementar.

Quanto ao tempo de ocupação (TO), o Módulo 1 teve como média 12,4 ocupações de 39,2 horas cada uma, em média, com TO mínimo de 6 horas em janeiro e, TO máximo de 96 horas em outubro/novembro. Estes números nos permitem concluir que, no Módulo 1, no decorrer do ano de 2004, os piquetes foram ocupados por 20,2 dias, permanecendo em repouso por 344,8 dias. Com uma carga instantânea (CI) média de 141 UGM/hectare, CI mínima de 60 UGM e CI máxima de 236 UGM, (Tabela 02).

Tabela 02. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 1, Camboriú, jan a dez/2004.

Módulo 1			
Categoria	Tempo de repouso	Tempo de ocupação	Carga instantânea/hectare
Média	32 dias	39,2 horas	141 UGM
Mínimo(a)	19 dias	6 horas	60 UGM
Máximo(a)	60 dias (pastoreado) 85 dias (sementar)	96 horas	236 UGM

O Módulo 2 teve como tempo de repouso (TR) médio, 39 dias, sendo que o TR mínimo foi de 20 dias em junho e, o TR máximo de 73 dias em dezembro.

Quanto ao tempo de ocupação (TO), o Módulo 2 teve como média 9,9 ocupações de 35,9 horas cada uma, com TO mínimo de 8 horas em fevereiro e, TO máximo de 96 horas em novembro. Estes números indicam que, no Módulo 2, no decorrer do ano de 2004, os piquetes foram ocupados por 14,8 dias, permanecendo em repouso por 350,2 dias. Com uma carga

instantânea (CI) média de 135 UGM/hectare, CI mínima de 71 UGM e CI máxima de 248 UGM, (Tabela 03).

Tabela 03. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 2, Camboriú, jan a dez/2004.

Módulo 2			
Categoria	Tempo de repouso	Tempo de ocupação	Carga instantânea/hectare
Média	39 dias	35,9 horas	135 UGM
Mínimo(a)	20 dias	8 horas	71 UGM
Máximo(a)	73 dias	96 horas	248 UGM

O Módulo 3 teve como tempo de repouso (TR) médio, 76 dias, sendo que o TR mínimo foi de 45 dias, nos meses de agosto/setembro e, o TR máximo de 134 dias em julho/dezembro.

Quanto ao tempo de ocupação (TO), o Módulo 3 teve como média 3,6 ocupações de 12,8 horas cada uma, com TO mínimo de 2 horas em agosto e, TO máximo de 48 horas em dezembro. De acordo com esses, em média, no Módulo 3, no decorrer do ano de 2004, os piquetes foram ocupados por 1,9 dias, permanecendo em repouso por 363,1 dias. Com uma carga instantânea (CI) média por hectare de 123 UGM, CI mínima de 74 UGM e CI máxima de 148 UGM, (Tabela 04).

Tabela 04. Tempo de repouso (TR), tempo de ocupação (TO) e carga instantânea/hectare, média, mínimo (a) e máximo (a) do Módulo 3, Camboriú, jan a dez/2004.

Módulo 3			
Categoria	Tempo de repouso	Tempo de ocupação	Carga instantânea/hectare
Média	76 dias	12,8 horas	123 UGM
Mínimo(a)	45 dias	2 horas	74UGM
Máximo(a)	134 dias	48 horas	148 UGM

5.6 PARÂMETROS AVALIADOS

5.6.1 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO (RP)

As medidas de RP foram obtidas através da utilização de um penetrômetro marca Dickey-john, equipado com ponteira de $\frac{3}{4}$ de polegada⁴ e mostrador. O mostrador possui escala colorida e calibrada de 0 a 400 libras por polegada ao quadrado⁵. Para facilitar e interpretar os dados, os valores em libras por polegada ao quadrado foram, transformados em kgf.cm^{-2} .

A RP foi medida nos pontos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 e 19 dentro de cada piquete, (Figura 06).

Foram realizadas três repetições por ponto a três profundidades, [0-5 cm], (5-10 cm] e (10-20 cm], totalizando 90 dados por piquete, 810 dados por época de coleta (jan, jun e out) e 2.430 dados totais. Para avaliação, foi calculada a média de RP em cada ponto e ajustada em relação ao percentual de umidade do solo no momento de cada coleta (RP ajustada). Para todos os eventuais valores de resistência do solo à penetração, maiores que 400 libras por polegada ao quadrado, capacidade máxima do aparelho utilizado, consideraram-se valores fixos de 450 libras por polegada ao quadrado.

5.6.2 HIGROSCOPIA DO SOLO

Considerando que a resistência do solo à penetração varia em função do percentual de umidade, simultaneamente, em cada ponto e em cada profundidade onde realizaram-se as medidas de RP, foram coletadas amostras de solo com trado. Após a coleta, as amostras foram pesadas em balança digital com duas casas depois da vírgula, marca Gehaka, modelo BG 2000 e postas para secar em estufa com ventilação forçada, por 24 horas a 105° C. Por

⁴ $\frac{3}{4}$ de polegada = 19,05 mm

⁵ 1 libra/pol² = 0,07038

diferença de peso seco e peso úmido, calculou-se o percentual de umidade em que estava o solo no momento das medições de RP.

5.6.3 MATÉRIA SECA RADICULAR

Para a coleta das amostras de raízes, foi seguida a metodologia desenvolvida por Vincenzi *et al* (1997), com adaptação no equipamento de coleta, em função da textura argilosa do solo. As amostras foram coletadas com um cilindro de 8,3 cm de diâmetro interno, afiado para facilitar a penetração no solo, nos pontos 1, 3, 5, 11, 13 e 15 em cada piquete, (Figura 06), em três profundidades, [0-5 cm] , (5-10 cm] e (10-20 cm]. Totalizando 18 amostras por piquete, 162 amostras por época de coleta (jan, jun, e out) e 486 amostras totais. O volume de solo das amostras nas profundidades de [0-5 cm], (5-10 cm] e (10-20 cm], correspondem a 270,53 cm³, 270,53 cm³ e 541,06 cm³, respectivamente. Depois de coletadas, as amostras foram lavadas em água corrente sob um conjunto de quatro peneiras sobrepostas, com malhas de 2,00 mm, 1,19 mm, 1,00 mm e 0,59 mm para separação do solo e raízes. Em função dessa atividade ser trabalhosa e demorada, as raízes já lavadas foram armazenadas em freezer. Para determinação da matéria seca radicular, as amostras foram levadas à estufa, com ventilação forçada, por 72 horas a uma temperatura de 60° C.

5.6.4 FERTILIDADE DO SOLO

Para a caracterização e avaliação das mudanças químicas ocorridas no solo, procedeu-se a coleta de duas amostras compostas por piquete em três profundidades [0-5 cm], (5-10 cm] e (10-20 cm], totalizando seis amostras por piquete, 54 por época de coleta (jan, jun e out) e 162 totais. Amostra um, composta pelo solo em sua respectiva profundidade nos

pontos 1 a 10 e, amostra dois, nos pontos 11 a 20. As amostras foram analisadas pelo Laboratório Físico Químico e Biológico da CIDASC, em 24/11/2004.

Sendo que, a interpretação dos resultados feita pelo Laboratório da CIDASC, seguiu as “Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina”. 2ª ed., SBCS – Núcleo Regional Sul / EMBRAPA – CNPT, 1989. Para as determinações pH CaCl₂, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V), Boletim Técnico n. 31 – Emater/Paraná.

5.6.4.1 Análises realizadas:

Análise básica: pH em água e pH em CaCl₂, índice SMP, fósforo - P, potássio - K, matéria orgânica - MO, cálcio - Ca, magnésio - Mg, alumínio - Al, sódio - Na, hidrogênio - H + Al, soma de bases - S, capacidade de troca catiônica - CTC e saturação de bases - V.

5.7 ANÁLISE DOS DADOS

Em cada ponto trabalhou-se com a média das repetições (R) e, em cada piquete, com a média dos pontos envolvidos (P). Sendo que R e P oscilaram, dependendo da variável analisada, podendo destacar os seguintes casos:

Caso 1 - Variável resistência à penetração, R = 3 e P = 10, por época, profundidade e piquete avaliado.

Caso 2 - Variável umidade, R = 1 e P = 10, por época, profundidade e piquete avaliado.

Caso 3 - Variável massa seca radicular, R = 1 e P = 6, por época, profundidade e piquete avaliado.

Caso 4 - Variáveis caracterizadoras da fertilidade do solo, R = 1 e P = 2, por época, profundidade e piquete avaliado, sendo os dois pontos resultantes de amostragens compostas por 10 sub-amostras de solo.

Para todos os casos analisados adotou-se o modelo de efeitos fixos, tal que:

$$y_{ijkl} = \mu + \text{Piquete}_i + M_j + e_{ij} + P_k + MP_{jk} + e_{ijk} + C_l + MC_{jl} + PC_{kl} + MPC_{jkl} + e_{ijkl}.$$

Sendo que:

$i = 1, 2$ e 3 piquetes dentro de cada módulo;

$j = 1, 2$ e 3 módulos;

$k = 1, 2$ e 3 profundidades do perfil do solo;

$l = 1, 2$ e 3 épocas de coleta dos dados, conforme os casos $1, 2$ e 3 , anteriormente descritos;

y_{ijkl} é o valor observado da resposta correspondente ao piquete i , módulo j , profundidade k na época l ;

μ é o valor médio da resposta no experimento;

Piquete_i é o efeito de piquete i ;

M_j é efeito do módulo j ;

P_k é o efeito da profundidade k ;

C_l é efeito da época de coleta l ;

MP_{jk} , MC_{jl} e PC_{kl} representam os efeitos das interações duplas, dos fatores módulo, profundidade e época de coleta;

MPC_{jkl} é o efeito da interação triplice dos fatores considerados;

e_{ij} é o erro experimental (mede a variabilidade entre piquetes) não observável, suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante $(\sigma^2)_a$. Este é o erro usado na construção do teste F para testar módulos e tipos de piquetes;

e_{ijk} é o erro de sub-parcela (mede a variabilidade entre profundidades dentro de módulos e piquetes), suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante $(\sigma^2)_b$. Este é o erro usado na construção do teste F para testar profundidades, e interação módulos x profundidades;

e_{ijkl} é o erro de sub-sub-parcela (mede a variabilidade entre épocas de coleta dentro profundidades, módulos e piquetes), suposto seguir a distribuição normal de média zero e variância constante (σ^2)_c. Este é o erro usado na construção do teste F para testar épocas de coletas, e interações MC_{jl} , PC_{kl} e MPC_{jkl} .

Para tomada de decisão admitiu-se um nível de significância de 5 % de probabilidade. As médias foram comparadas ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste t de Student, protegido pela significância do teste F.

A Resistência ajustada para a umidade foi obtida pela análise de covariância quadrática, através de uma modificação do modelo, dado por:

$$\text{Resistencia}_{ijkl} = \mu + \text{Piquete}_i + M_j + e_{ij} + P_k + MP_{jk} + a_1 * \text{umidade}_{ijkl} + a_2 * \text{umidade}_{ijkl}^2 + e_{ijk} + C_l + MC_{jl} + PC_{kl} + MPC_{jkl} + e_{ijkl}.$$

Sendo que:

a_1 e a_2 são os coeficientes obtidos ao realizar uma análise de regressão quadrática entre resistência e umidade, dado pela equação $\text{Resistência} = a_0 + a_1 * \text{umidade} + a_2 * \text{umidade}^2$. O teste de significância dos parâmetros a_1 e a_2 foram feitos em relação ao erro e_{ijk} .

5.7. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E PRODUÇÃO DE LEITE NO SISTEMA DE PASTOREIO RACIONAL VOISIN

Para determinar o custo de produção do leite, foi utilizado o sistema informatizado de contabilidade de gestão agrícola – (Contagri, 2000) desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA – Epagri. O programa Contagri foi alimentado com dados do programa de gerenciamento de estoque de materiais 2003 e 2004 – GEMA.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 MASSA SECA RADICULAR.

Verifica-se para a variável massa seca radicular um efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores: época, profundidade e as respectivas interações duplas e tríplex (Anexo A).

Verifica-se para a variável estudada (Tabela 05), que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos Módulos 1 e 3, entre a primeira e a segunda coleta, em nenhuma das profundidades estudadas. Porém para o Módulo 2, na profundidade de [0-5 cm], houve um aumento significativo ($P < 0,007$) já na segunda época de coleta, onde a massa seca radicular por $270,53 \text{ cm}^3$ de solo passou de 1,98 g para 2,98 g.

Em todos os módulos, tanto os mais pastoreados 1 e 2, quanto o menos 3, houve uma explosão significativa ($P < 0,05$) no desenvolvimento radicular na terceira época de coleta, na profundidade de [0 a 5 cm], quando comparada as demais épocas e profundidades (5-10 cm] e (10-20 cm] (Figuras 08, 09 e 10). A massa seca radicular por $270,53 \text{ cm}^3$ de solo, passou da primeira coleta para a terceira de 4,53 g, 1,98 g e 0,97 g para 6,16 g, 7,02 g e 2,04 g (Tabela 05), representando um aumento de 36%, 255% e 110% respectivamente.

A massa seca radicular apresentou comportamento semelhante, quanto à sua densidade no perfil do solo, para os Módulos 1 e 2 em todas as épocas de coleta, sendo a massa seca radicular encontrada na camada superficial de [0-5 cm], significativamente superior ($P < 0,05$) a encontrada nas demais profundidades. Para o Módulo 3, na primeira e segunda épocas de coleta, apesar de ir diminuindo a massa seca radicular à medida que aumentava a profundidade, essas diferenças não foram significativas ($P < 0,05$), demonstrando uma distribuição mais homogênea do sistema radicular no perfil do solo.

Em termos percentuais médios de massa seca radicular, na profundidade de [0-5 cm], os Módulos 1, 2 e 3 obtiveram 70,53%, 65,03% e 53,12% respectivamente (Figura 07).

Os dados do Módulo 1 comprovam a concentração superficial do sistema radicular das pastagens perenes e estão em harmonia com os dados de 89% divulgados por Klapp (1977, p. 117) e 71,46%, publicados por Vincenzi *et al* (1997).

Tabela 05. Valores médios para a variável estudada – massa seca radicular em g, para a interação tríplice entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade/volume	Massa seca radicular (gramas/volume de solo)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm] – 270,53 cm ³	4,53 ± 0,25 A a	4,20 ± 0,25 A a	6,16 ± 0,25 A b
(5-10 cm) – 270,53 cm ³	1,62 ± 0,25 B a	0,96 ± 0,25 B a	1,20 ± 0,25 B a
(10-20 cm) - 541,06 cm ³	0,95 ± 0,25 B a	0,60 ± 0,25 B a	0,89 ± 0,25 B a
Módulo 2			
Profundidade/volume	Massa seca radicular (gramas/volume de solo)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm] – 270,53 cm ³	1,98 ± 0,25 A a	2,98 ± 0,25 A b	7,02 ± 0,25 A c
(5-10 cm) – 270,53 cm ³	0,92 ± 0,25 B a	0,96 ± 0,25 B a	1,65 ± 0,25 B a
(10-20 cm) - 541,06 cm ³	0,79 ± 0,25 B a	0,86 ± 0,25 B a	1,26 ± 0,25 B a
Módulo 3			
Profundidade/volume	Massa seca radicular (gramas/volume de solo)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm] – 270,53 cm ³	0,97 ± 0,25 A a	0,74 ± 0,25 A a	2,04 ± 0,25 A b
(5-10 cm) – 270,53 cm ³	0,56 ± 0,25 A a	0,44 ± 0,25 A a	0,71 ± 0,25 B a
(10-20 cm) - 541,06 cm ³	0,47 ± 0,25 A a	0,40 ± 0,25 A a	0,73 ± 0,25 B a

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student (P<0,05).

Relacionando os percentuais de distribuição das raízes nos primeiros cinco centímetros (70,53%, 65,03% e 53,12%), com o tempo de ocupação médio anual de 20,2 dias, 14,8 dias e 1,9 dias, para os Módulos 1, 2 e 3, respectivamente, verifica-se que esses dados são coerentes com os resultados de Klapp (1977, p. 115): quanto mais freqüente e intensa for

a utilização, tanto mais se acumulará também a massa de raízes na camada superficial do solo, tal fato é observado no resultado encontrado no Módulo 1. Portanto, pode-se apontar como tendência para os Módulos 2 e 3, os quais passaram a ser pastoreados a partir da implantação do PRV, uma concentração ainda maior do sistema radicular na superfície do solo. Vale ressaltar que este aumento do sistema radicular, na camada mais superficial de [0-5 cm], encontrado neste trabalho, não se deu em detrimento da redução da massa radicular nas camadas mais profundas.

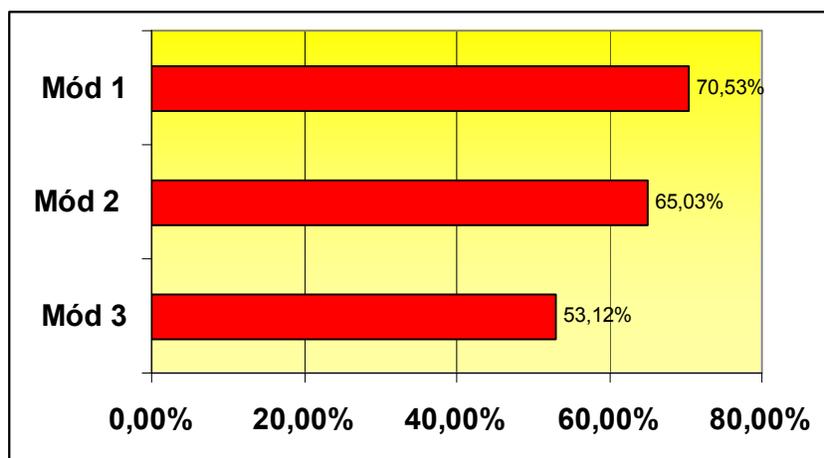


Figura 07. Percentuais médios de massa seca radicular na profundidade de [0-5 cm], Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, jan a out/2004.

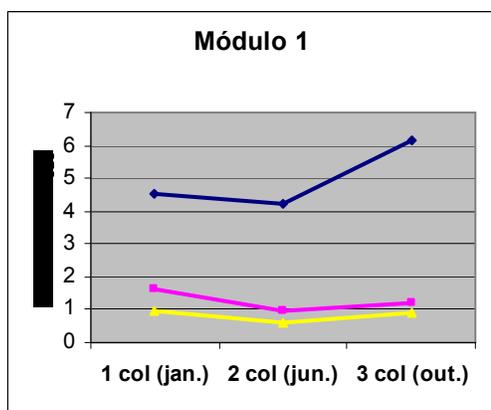


Figura 08.

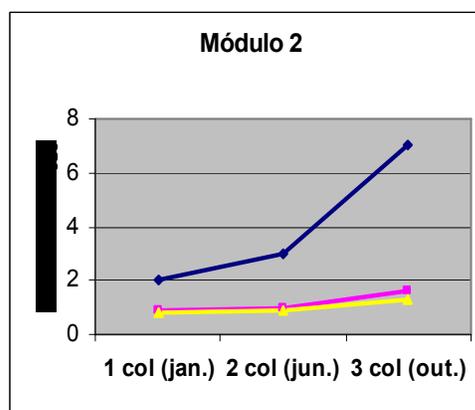


Figura 09.

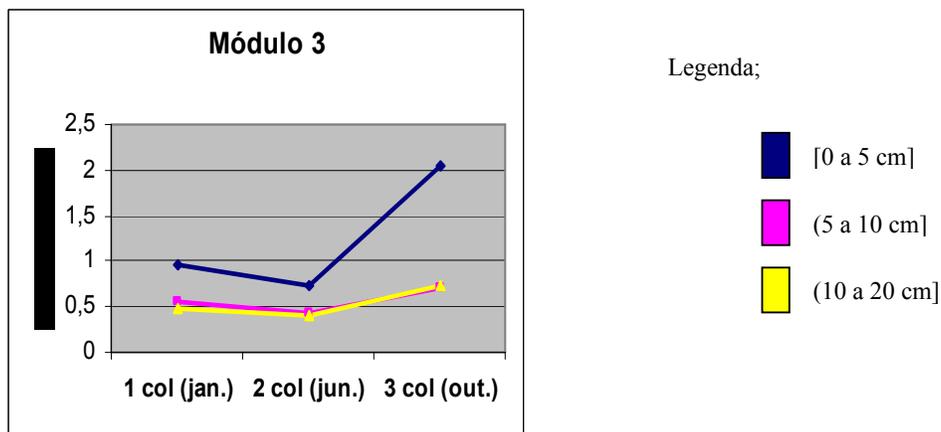


Figura 10

Figura. 08, 09 e 10. Valores médios para a variável estudada – massa seca radicular em g, para a interação triplíce módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Quanto ao extraordinário percentual de desenvolvimento do sistema radicular, na profundidade de [0-5 cm], obtido no Módulos 2 e 3, em parte, pode ser atribuído ao fato de algumas espécies forrageiras ainda estarem se estabelecendo nesses módulos. No entanto, no Módulo 1, onde as espécies já estavam totalmente estabelecidas, houve também, aumento significativo ($P < 0,0001$) nessa mesma camada, indicando que não foi somente o fato do estabelecimento das espécies que desencadeou esse crescimento e sim, uma teia de outros fatores.

Inúmeros são os fatores que podem influenciar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas forrageiras, tais como: ambientais, que interferem diretamente sobre as taxas de fotossíntese (temperatura e luminosidade); condições químicas físicas e biológicas do solo (fertilidade, compactação); características genótípicas das espécies forrageiras utilizadas e também o manejo adotado no sistema pastoril.

Segundo Klapp (1977, p. 115), muito mais importante para as necessidades vitais das raízes é o fato de elas, por si próprias, não serem capazes de elaborar matérias estando, portanto, dependentes da importação de substâncias assimiladas provenientes dos órgãos aéreos. A iluminação destes órgãos desempenha, por isso, um papel decisivo no crescimento

radicular que aumenta com a intensidade luminosa (maior assimilação), retrocedendo com a falta de luz.

Buscando determinar os fatores que maior influência tiveram neste desenvolvimento radicular, sabendo-se que o fotoperíodo, a precipitação e a temperatura são fatores ambientais relacionados diretamente com o desenvolvimento da parte aérea das plantas e, conseqüentemente com o desenvolvimento radicular, apresenta-se na Tabela 06, o número total de horas luz aos 30, 60 e 90 dias anteriores a cada coleta, e nas Tabelas 07 e 08, os dados médios de temperatura e precipitação (HAYMUSSI E ARAÚJO, 2004), dos três meses anteriores e do mês de cada coleta, respectivamente.

A luz afeta o desenvolvimento das plantas de vários modos. É através da sua ação que se dá a fotossíntese, a formação da clorofila e outros pigmentos, de hormônios, a abertura e o fechamento dos estômatos, ou seja, a luz afeta todo o curso de desenvolvimento das plantas, (MELLO et al, 1988, p. 23-24).

A duração total de horas luz aos 30, 60 e 90 dias anteriores à primeira coleta (415,77 horas luz, 825,77 horas luz e 1217,12 horas luz), foi superior a segunda, (313,65 horas luz, 639,58 horas luz e 986,45 horas luz) e a terceira coletas (380,18 horas luz, 736,20 horas luz e 1069,63 horas luz), respectivamente (Tabela 06).

Tabela 06. Horas luz – 30, 60 e 90 dias anteriores a 1, 2 e 3 coletas.

Dias anteriores a coleta	Horas luz		
	1 coleta (10 jan)	2 coleta (23 jun)	3 coleta (27 out)
30 dias	415,77	313,65	380,18
60 dias	825,77	639,58	736,20
90 dias	1217,12	986,45	1069,63

Fonte: Programa Astronomy Lab, 2003 e 2004.

Quando comparada a primeira com a terceira coleta, para 30, 60 e 90 dias, a primeira apresentou-se superior em 35,6 horas, 89,6 horas e 147,5 horas, correspondendo a 8,56%, 10,84% e 12,11% maiores, respectivamente.

Observou-se também dados de temperatura melhores para o desenvolvimento vegetal na primeira coleta sobre as demais, com temperaturas médias máximas de 24,0° C, 26,9° C, 26,3° C e 27,2° C e médias mínimas de 16,6° C, 18,3° C, 21,0° C e 21,1° C, nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, respectivamente. Apresentando como temperatura máxima, para os quatro meses, 32,3° C, observada no dia 19 de novembro e, mínima, 7,7° C, no dia 12 de outubro. Nos três meses anteriores e, no mês da terceira coleta, teve-se como média das máximas 21,7° C, 20,9° C, 22,9° C e 22,1° C, e média das mínimas de 10,2° C, 11,8° C, 15,5° C e 17,0° C, com temperatura máxima observada nesses quatro meses de 27,2° C, no dia dois de setembro e, mínima, 5,9° C no dia 12 de julho (Tabela 07).

Tabela 07. Temperatura média, média das máximas e mínimas, dia no mês com temperatura máxima e mínima, para os três meses anteriores e o mês de cada coleta.

Época	Mês/ano	Média max (°C)	Média min (°C)	Média (°C)	Dia	Temper max (°C)	Dia	Temper min (°C)
1 coleta prim-ver	out/03	24,0	16,6	21,2	24	25,3	12	7,7
	nov/03	26,9	18,3	22,6	19	32,3	3	13,4
	dez/03	26,3	21,0	23,9	5	31,3	10	17,7
	jan/04	27,2	21,1	24,7	31	30,3	2	17,2
2 coleta ver-out	mar/04	26,9	21,8	24,0	8	30,4	22	17,4
	abr/04	26,2	19,9	23,3	17	32,3	26	13,1
	mai/04	22,2	14,2	18,4	2	24,7	28	10,6
	jun/04	22,0	11,0	18,0	29	25,2	14	6,6
3 coleta inv-prim	jul/04	21,7	10,2	16,6	2	25,4	12	5,9
	ago/04	20,9	11,8	17,8	30	26,5	8	7,6
	set/04	22,9	15,5	20,4	2	27,2	12	14,7
	out/04	22,1	17,0	20,0	2	26,2	7	11,8

Fonte: Haymussi e Araújo, 2003 e 2004.

A temperatura afeta diretamente a fotossíntese, a respiração, a permeabilidade das paredes celulares, a absorção de água e nutrientes, a transpiração, as atividades enzimáticas e

a coagulação de proteínas, entre outros processos vitais, refletindo-se esses efeitos no crescimento das plantas. À medida que a temperatura aumenta, a velocidade de crescimento também aumenta, até atingir um valor ótimo. Embora, possam ocorrer muitas variações, em geral a temperatura mínima é algo acima de 0° C, a ótima ao redor de 30° C e a máxima em torno de 45-50° C (MELO *et al*, 1988, p. 26-27).

Quanto à precipitação total nos três meses que antecederam e, no mês de cada coleta, teve-se uma quantidade maior de chuva na primeira coleta, com 538,5 mm, seguida da segunda, com 316,2 mm e da terceira com 254,4 mm totais (Tabela 08).

Tabela 08. Precipitação mensal total, máxima observada (dia) e número de dias mensais com precipitação < 0,2 mm, > 0,2 a 2 mm e > 20 mm, para os três meses anteriores e o mês de cada coleta.

Época	Mês/ano	Precipitação (mm)		Data	Dias de chuva		
		Total	Máxima Observada (dia)		< 0,2 mm	>0,2 a 2 mm	>20 mm
1 coleta	out/03	40,0	14,6	9	12	4	0
	nov/03	206,9	103,8	6	11	9	2
	dez/03	162,0	43,0	4	21	12	3
	jan/04	129,6	15,4	28	19	17	0
		538,5			63	42	5
2 coleta	mar/04	102,2	30,2	14	10	8	2
	abr/04	69,6	27,0	11	16	8	1
	mai/04	92,4	21,0	22	12	9	1
	jun/04	52,0	20,6	11	8	4	1
		316,2			46	29	5
3 coleta	jul/04	101,2	25,0	8	13	8	1
	ago/04	29,8	17,6	27	5	2	0
	set/04	39,8	12,0	14	8	6	0
	out/04	88,6	18,2	24	13	9	0
		259,4			39	25	1

Fonte: Haymussi e Araújo, 2003 e 2004.

Apesar da precipitação de 103,8 mm, ocorrida no dia 06 de novembro, observou-se uma melhor distribuição da chuva na primeira coleta, com um total de 110 dias chuvosos, subdistribuídos em: 63 dias com menos de 0,2 mm, 42 dias com mais de 0,2 a 2,0 mm e 5 dias

com mais de 20 mm. Já na terceira coleta, que teve a menor precipitação, observou-se a pior distribuição, onde os 254,4 mm totais de chuva ocorreram em 65 dias, subdistribuídos em: 39 dias com menos de 0,2 mm, 25 dias com mais de 0,2 a 2,0 mm e 1 dia com mais de 20 mm (Tabela 08).

Quando comparado à precipitação total e a distribuição, da terceira coleta com a da primeira, verificou-se que choveu 284,1 mm a menos, distribuídos em 45 dias a menos.

Conforme os fatores ambientais apresentados e analisados, verificou-se uma melhor condição para o desenvolvimento vegetal na época que antecedeu a primeira coleta (primavera – verão), do que nas demais, sendo pouco provável que o desenvolvimento maior do sistema radicular, observado na terceira época de coleta, esteja ligado à estação do ano. Portanto, pode-se apontar a mudança no manejo dos animais com a adoção do PRV e suas conseqüências, sobre as plantas e o solo, como: períodos de repouso para restabelecimento das reservas radiculares, redução da resistência do solo à penetração e concentração dos nutrientes na camada superficial, como a principal causa desse desenvolvimento radicular.

As condições físicas do solo podem impor limites ao crescimento das plantas, pois independente da distribuição espacial e do perfil, a compactação cria um ambiente desfavorável para o crescimento das plantas, Imhoff *et al* (2000, p. 1494). Solos que se apresentam compactados, principalmente na camada superficial, diminuem sua capacidade de penetração, circulação e armazenamento de água e gases, impondo barreiras para o desenvolvimento radicular e da vida no solo.

A aeração do solo é essencial para o desenvolvimento radicular, em função da necessidade de oxigênio para a respiração das raízes das plantas, pelo efeito tóxico do anidrido carbônico que invariavelmente se acumula em solos não aerados, Russel (1934, p. 43), Klapp (1971, p. 115), Imhoff *et al* (2000, p. 1494) e pelo efeito importante sobre a absorção de nutrientes (MELO *et al*, 1988, p. 23). Portanto, as melhoras observadas na

condição física do solo, aferidas através da resistência do solo à penetração, onde a RP ajustada em janeiro, primeira coleta, Módulos 1, 2 e 3 foram de $21,7 \pm 0,6 \text{ kgf.cm}^{-2}$, $21,2 \pm 0,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$ e $25,2 \pm 1,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$, baixaram para $10,6 \pm 0,9 \text{ kgf.cm}^{-2}$, $11,2 \pm 0,5 \text{ kgf.cm}^{-2}$, $8,6 \pm 0,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$, em outubro, terceira coleta, que representa os nove meses da implantação do projeto. Estas reduções na resistência do solo à penetração de 51%, 47% e 66%, Módulos 1, 2 e 3 respectivamente, certamente contribuíram para o significativo aumento no sistema radicular observado na terceira época de coleta.

Os dados apresentados na Tabela 05, referentes à primeira, segunda e terceira coletas, Módulos 1, 2 e 3, na profundidade de 0 a 20 cm, quando extrapolados para kg de massa seca radicular por hectare, demonstram quão importante fonte fornecedora de material orgânico é o sistema radicular das pastagens quando bem manejadas (Tabela 09). Pois, Klapp (1977, p. 120), afirma que pode-se contar com uma renovação completa da massa de raízes no espaço de tempo máximo de três a quatro anos (realidade da Alemanha).

Tabela 09: kg de massa seca radicular por hectare, encontrados de 0 a 20 cm de profundidade nos Módulos 1, 2 e 3 na 1, 2 e 3 coletas.

	1 coleta	2 coleta	3 coleta
Módulo 1	13.122,0	10.646,0	15.248,0
Módulo 2	6.820,0	8.871,0	18.353,0
Módulo 3	3.696,0	2.920,0	6.432,0

Outra dimensão atualmente apontada para os sistemas pastoris é o seqüestro de carbono. Em sistemas terrestres, o CO_2 é capturado da atmosfera, principalmente pela fotossíntese realizada pelas plantas. Como o material de plantas mortas decompostas acrescentam carbono à superfície do solo, as plantas seqüestram e estocam o carbono, aumentando a matéria orgânica do solo. O estoque de carbono no solo está entre os três maiores na biota (FISCHER *et al*, 2004). Um grama de matéria orgânica seqüestra 3,67 g de CO_2 , aponta Machado (2004, p. 94).

Portanto, esse aumento significativo no sistema radicular, ocasionado pela mudança no manejo de pastoreio dos animais, aumentou o volume de solo explorado pelas plantas, possibilitando um aumento na absorção de nutrientes, aumentou a capacidade das plantas em armazenar carboidratos não estruturais, substâncias de reserva prontamente disponível para intensificar o rebrote vigoroso após o pastoreio levado a fundo, aumentou a área rizosférica e a deposição de materiais orgânicos, principal alimento dos seres vivos do solo, além de contribuir no seqüestro de carbono, aumentando a qualidade ambiental.

6.2 RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO (RP)

Verifica-se para a RP ajustada, um efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores, época, profundidade, umidade e as interações duplas entre módulo*época e época*profundidade (Anexo B).

Houve correlação negativa entre as variáveis, resistência do solo à penetração e percentual de umidade, demonstrando que há um aumento na RP com o decréscimo e, diminuição da RP com acréscimo de umidade no solo. Para analisar os dados de RP, em função dessa correlação negativa, os mesmos foram ajustados (RP ajustada) pela equação: Resistência ajustada_{ijkl} = Resistência média - 1,22907*(umidade - umidade_média)_{ijkl} + 0,01574*(umidade² - Umidade média²)_{ijkl}, para um percentual de umidade média.

Na Tabela 10, constam os valores da variável RP ajustada para a interação entre os fatores época de coleta e profundidade. Verifica-se que houve uma diminuição significativa ($P < 0,05$) da RP ajustada nas segunda e terceira épocas, em todas as profundidades estudadas (Figura 12), indicando uma melhora nas condições físicas do solo. A RP ajustada máxima, $23,2 \pm 0,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$ ocorreu na profundidade de 10 a 20cm, na primeira coleta e a mínima $8,4 \pm 0,5 \text{ kgf.cm}^{-2}$, na mesma profundidade, na terceira coleta (Tabela 10).

A condição física de resistência do solo à penetração, no período que antecede a implantação do PRV, representada pelos dados da primeira coleta na profundidade de 0-5 cm, 21,8 kgf.cm⁻², e nas demais profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm, 23,1 kgf.cm⁻² e 23,2 kgf.cm⁻² respectivamente (Tabela 10), estavam próximos e superiores, comparados aos níveis de resistência à penetração do solo que causam limitações ao desenvolvimento das plantas. Segundo as referências de Machado (2004, p. 89), níveis de resistência à penetração superiores a 22 kgf.cm⁻², produzem severa restrição à penetração das raízes, da água e do ar. Sendo que, para Camargo e Alleoni (1997, p. 31), além desses três efeitos negativos da compactação, a mesma ainda altera o fluxo de calor e a disponibilidade de nutrientes, fatores que restringem o desenvolvimento das plantas.

Tabela 10. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em kgf.cm⁻², para a interação entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

RP ajustada (kgf.cm ⁻²)			
Profundidade	Época de coleta		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	21,8 ± 0,9 A a	13,6 ± 1,4 A b	12,0 ± 0,7 A b
(5-10 cm]	23,1 ± 0,9 A a	16,5 ± 0,5 A b	10,0 ± 0,5 B c
(10-20 cm]	23,2 ± 0,7 A a	21,0 ± 0,5 B b	8,4 ± 0,5 C c

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student (P<0,05).

Houve interação positiva entre os fatores, primeira e segunda épocas de coleta e profundidade, de forma que a variável RP ajustada elevou-se com o aumento da profundidade. Porém, na terceira época de coleta, essa interação foi negativa (Figura 11). Dessa forma, pode-se inferir que houve diminuição mais ou menos acentuada na variável RP ajustada nas segunda e terceira épocas, quando comparas com a primeira época, em todas as profundidades testadas e que, o formato da curva encontrado na terceira coleta, com a RP maior na profundidade de [0-5 cm], é normal e esperado em pastagens, onde, o impacto do pisoteio dos

animais em pastoreio é mais acentuado na camada superficial do solo. No entanto, é importante salientar que, em pastagens bem manejadas, este impacto é mínimo, não chegando a afetar as condições necessárias para o pleno desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

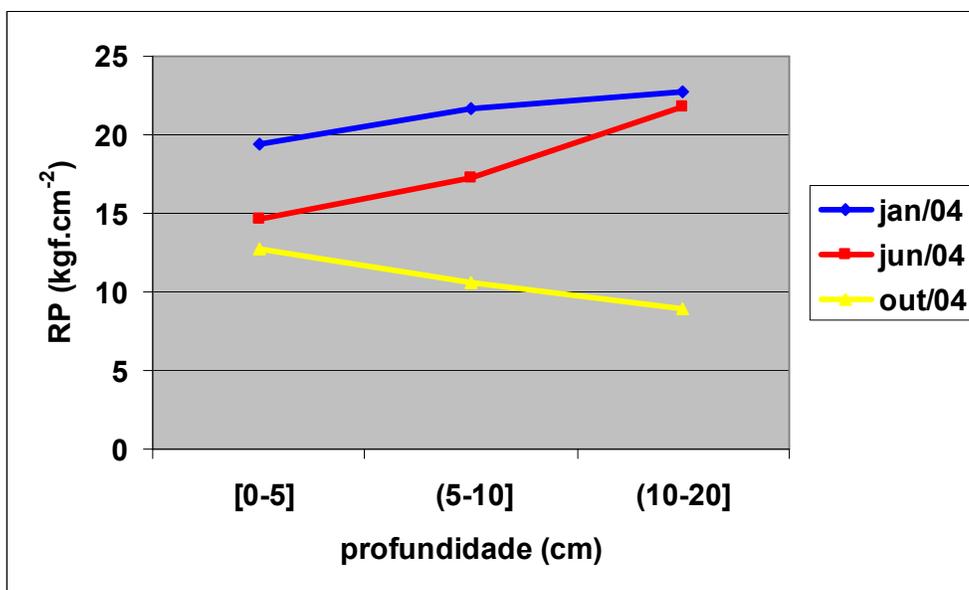


Figura 11. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em (kgf.cm⁻²), para a interação entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

A maior resistência superficial ocasionada pelo pisoteio dos animais em pastoreio, está de acordo com os dados encontrados por Bertol *et al* (2000, p. 1048-1049) e Luz e Herling (2004, p. 221). Bertol *et al* (2000, p. 1048-1049) avaliaram as alterações nas propriedades físicas do solo, em duas profundidades 0 a 5 e 5 a 10 cm, relacionadas a diferentes níveis de oferta 4,0%; 8,0%; 12,0% e 16,0% de forragem de capim-elefante-anão (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Mott. Em todos os tratamentos a densidade foi maior e a macro-porosidade e a porosidade total menor na profundidade de 0 a 5 cm do que na de 5 a 10 cm. Luz e Herling (2004, p. 221), em estudo desenvolvido para verificar os impactos do pastejo sobre RP, ressaltam que as principais alterações ocorrem nas camadas de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm.

Os dados da variável RP ajustada, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, são apresentados na Tabela 11. Observa-se que o Módulo 3 na primeira coleta, apresentou a maior RP ajustada, $25,2 \pm 1,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$, diferindo significativamente ($P < 0,0035$) do Módulo 2, que apresentou RP ajustada de $21,7 \pm 0,6 \text{ kgf.cm}^{-2}$, porém não do Módulo 1, com uma resistência ajustada de $21,7 \pm 0,6 \text{ kgf.cm}^{-2}$. Os maiores valores de RP ajustada para os Módulos 3 e 1 na primeira coleta, podem ser explicados pela forma de utilização do solo anterior à data da coleta. O Módulo 1 há mais de 20 anos é explorado com pastagem permanente, com os animais na maior parte do tempo, sendo conduzidos em pastejo extensivo. Enquanto que, o Módulos 3 nos últimos anos, foi constantemente sistematizados para o plantio de culturas anuais. Portanto, pode-se inferir que o pastejo contínuo é tão prejudicial à estrutura do solo quanto a sua constante movimentação: aração, gradagem e outros.

Tabela 11. Valores médios para a variável estudada – RP ajustada em kgf.cm^{-2} , para a interação entre os fatores época de coleta e módulo, Camboriú, jan a out/2004.

RP ajustada (kgf.cm^{-2})			
Época de coleta	Módulo		
	1	2	3
1 coleta (jan.)	$21,7 \pm 0,6$ A ab	$21,2 \pm 0,7$ A a	$25,2 \pm 1,7$ A b
2 coleta (jun.)	$20,0 \pm 1,5$ A a	$16,2 \pm 0,6$ B b	$14,9 \pm 0,6$ B b
3 coleta (out.)	$10,6 \pm 0,9$ C ab	$11,2 \pm 0,5$ C a	$8,6 \pm 0,7$ C b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Os dados obtidos neste trabalho, com redução significativa ($P < 0,05$) da RP ajustada, no Módulo 1, da primeira para a terceira época de coleta e nos Módulos 2 e 3 da primeira para a segunda e da segunda para a terceira, demonstram que o manejo em PRV, feitos com altas cargas instantâneas, períodos de ocupação curtos, períodos de descanso dos piquetes variáveis

e, suficientemente longos para as plantas restabelecerem-se, podem reduzir os efeitos negativos da compactação anterior, a patamares aceitáveis e não prejudiciais ao sistema pastoril como um todo. Bem como, o acúmulo de matéria orgânica proveniente dos resíduos da planta, principalmente do sistema radicular e da deposição concentrada e uniformemente distribuída de bosta e urina, possibilitada pelo manejo dos animais no sistema PRV, são fontes de energia que ativam a biocenose do solo e contribuem para a melhoria das características físicas do solo, como a formação e preservação dos agregados.

As diminuições nos valores de RP ajustadas podem ser mais bem visualizadas na Figura 12, que demonstra a dispersão de todos os dados de RP ajustada e umidade ao longo das três épocas de coleta.

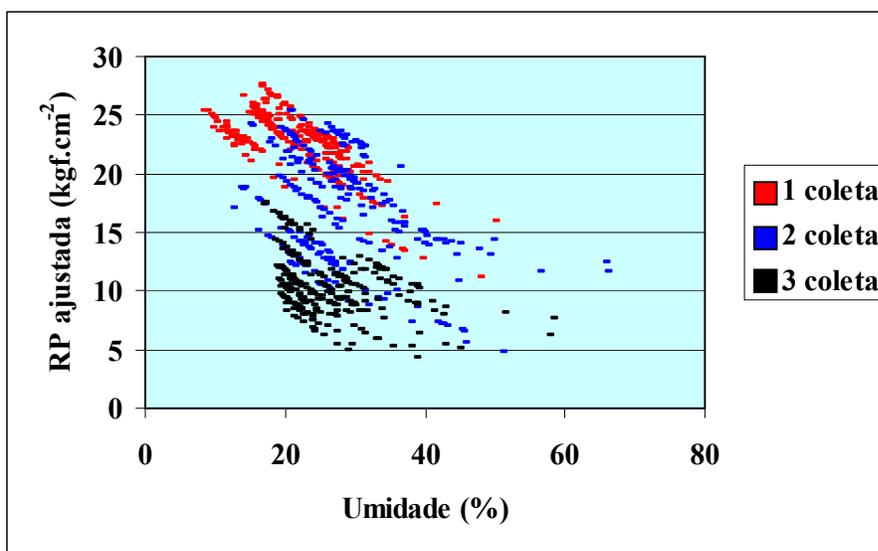


Figura 12. Dispersão das variáveis estudadas – RP ajustada em kgf.cm^{-2} e umidade em % para o fator época de coleta, Camboriú, jan a out/2004.

6.3 FERTILIDADE DO SOLO

6.3.1 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (pH)

O pH é um índice que fornece o grau de acidez ou alcalinidade de um extrato aquoso do solo, sendo utilizado como indicativo das condições gerais de fertilidade. Valores de pH abaixo de 4,5 ou acima de 7,5 restringem o crescimento das plantas. Existe uma relação direta entre pH do solo e saturação por bases - V%. Quanto maior o pH, mais elevada será V%. Solos com pH muito ácido - pH em $\text{CaCl}_2 < 4,5$, apresentam deficiência de fósforo solúvel - P, baixos teores de cálcio - Ca, magnésio - Mg e em geral potássio - K, baixa capacidade de troca de cátions - CTC e V% e boa disponibilidade dos micronutrientes ferro - Fe, cobre - Co, manganês - Mn e zinco - Zn. Solos com pH alcalino - pH em $\text{CaCl}_2 \geq 7,0$ apresentam deficiência de P, devido à formação de compostos insolúveis com Ca, altos teores de Ca, Mg e K, deficiência de micronutrientes, exceto o molibdênio - Mo e cloro - Cl, alta V% e CTC, pode ser um solo salino ou sódico (excesso de Na). Portanto, na faixa de pH entre 6,0 e 7,0 é que se encontram as maiores disponibilidades de macro e micronutrientes (TOMÉ JR, 1997, p. 91-97).

O pH em CaCl_2 teve um efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores módulo, época e as interações duplas módulo*época e época*profundidade (Anexo C).

Na Tabela 12, constam os dados do pH em CaCl_2 para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta. Observa-se pela análise de variância, que houve diferença significativa ($P < 0,05$) para a variável pH em CaCl_2 entre os Módulos 1, 2 e 3, em todas as épocas de coleta, com o Módulo 3 apresentando os maiores valores, 5,75, 5,70 e 5,75 na 1 coleta, 2 coleta e 3 coleta respectivamente, em virtude de calagens realizadas anteriormente a implantação do PRV. Quanto à mudança de manejo, conduzindo os animais em PRV, caracterizada pelo fator época de coleta, houve um aumento significativo ($P < 0,0032$) e

($P < 0,0001$) para os Módulos 1 e 2, que passaram de um pH em CaCl_2 de 4,53 e 4,77 na primeira época de coleta, para 4,67 e 5,03 na segunda época de coleta, respectivamente.

Tabela 12. Valores médios para a variável estudada - pH em CaCl_2 , para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

pH em CaCl_2			
Módulo	Época de coleta		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
1	4,53 ± 0,03 A a	4,67 ± 0,03 A b	4,63 ± 0,03 A b
2	4,77 ± 0,03 B a	5,03 ± 0,03 B b	5,05 ± 0,03 B b
3	5,75 ± 0,03 C a	5,70 ± 0,03 C a	5,75 ± 0,03 C a

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Na Tabela 13, constam os dados do pH em CaCl_2 para a interação dupla entre os fatores época de coleta e profundidade. Observa-se pela análise de variância, que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) no pH em CaCl_2 entre as profundidades estudadas na primeira época de coleta, porém na segunda e terceira épocas de coleta, o pH encontrado na profundidade de 0-5 cm foi significativamente superior ($P < 0,05$) ao encontrado nas profundidades de (5-10 cm) e (10-20 cm]. Nas profundidades de [0-5 cm] e (10-20 cm], houve um aumento significativo ($P < 0,05$) do pH da segunda e terceira épocas de coletas, quando comparado com os valores encontrados na primeira época de coleta.

Tabela 13. Valores médios para a variável estudada - pH em CaCl_2 , para a interação dupla entre os fatores época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.

pH em CaCl_2			
Época de coleta	Profundidade		
	[0-5 cm]	(5-10 cm]	(10-20 cm]
1 coleta (jan.)	4,98 ± 0,03 A a	5,07 ± 0,03 A a	5,00 ± 0,03 A a
2 coleta (jun.)	5,20 ± 0,03 B a	5,09 ± 0,03 A b	5,10 ± 0,03 B b
3 coleta (out.)	5,22 ± 0,03 B a	5,11 ± 0,03 A b	5,10 ± 0,03 B b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

6.3.2 FÓSFORO (P)

Verifica-se para a variável fósforo disponível, que houve um efeito significativo ($P < 0,05$), para os fatores profundidade, época e a interação dupla módulo*profundidade (Anexo D).

Constam na Tabela 14, os valores em ppm de P disponível para o fator época de coleta. Observa-se, que houve efeito da época de coleta sobre a variável analisada. Ocorreu uma diminuição significativa ($P < 0,05$) do P disponível, da primeira para a segunda e terceira coletas.

Tabela 14. Valores médios para a variável estudada – fósforo disponível em ppm, para o fator época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

Época de coleta	Fósforo (ppm)
1 coleta (jan.)	17,9 ± 0,96 a
2 coleta (jun.)	13,2 ± 0,96 b
3 coleta (out.)	14,0 ± 0,96 b

Médias ligadas por letras distintas na coluna, difere pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

De acordo com os valores apresentados na Tabela 14, houve uma redução de 21,8%, na concentração de P disponível, da primeira para a terceira coleta. Esta redução pode estar relacionada com as condições locais, nove meses podem não ter sido tempo suficiente, para desencadear o pleno desenvolvimento dinâmico da vida no solo (biocenose), vitais para inúmeros processos, dentre os quais, a mineralização do P, levando o mesmo no princípio, a reduzir a concentração, exportada do sistema pelos produtos animais (carne e leite). Sendo que, também pode ter ocorrido um arranjo nas relações entre elementos do solo que mais favoreçam as suas interações. Segundo Machado (2004, p. 35), a evolução da biocenose do solo, desde o seu estado inicial, quando começa o manejo racional das pastagens, até alcançar o clímax, é um processo de alta complexidade, que pode levar vários anos.

Esta redução também pode ser explicada pela imobilização do fósforo na forma orgânica, devido ao aumento no desenvolvimento vegetal, como comprovado com o sistema radicular. Segundo Cantarutti *et al* (2004, p. 17), extratores químicos não são sensíveis às formas orgânicas de P.

O fósforo disponível às plantas é em essência de natureza mineral, sobretudo o H_2PO_4^- em solos ácidos e o HPO_4^{2-} em solos não ácidos. Sendo assim, para que o P orgânico passe para a forma prontamente utilizável pelos vegetais é necessário que ocorra antes a sua mineralização. Entende-se, assim, a passagem do P orgânico a P mineral, por meio de microrganismos e de certos sistemas enzimáticos (MELLO *et al*, 1988, p. 210).

Na Tabela 15, constam os valores da variável estudada para a interação dupla entre os fatores profundidade e módulo. Observa-se uma diminuição dos teores de P com o aumento da profundidade. Há de se destacar, que essa diminuição era esperada, pois normalmente, o teor de P se acumula no perfil de acordo com a distribuição da matéria orgânica (MELLO *et al*, 1988, p. 181; TOMÉ JR, 1997, p. 115).

Em decorrência dessa observação e, analisando os dados da Tabela 15, observa-se que, a distribuição do P disponível no perfil do solo, foi diferente do Módulo 1, para os demais módulos. No Módulo 1, ocorreu uma diminuição significativa ($P < 0,05$) entre a concentração de P disponível na profundidade de [0-5 cm], para a profundidade de (5-10 cm] e dessa para a profundidade de (10-20 cm]. Tal fato encontra justificativa em função dos longos anos com pastagem. As forrageiras, através de seu sistema radicular, absorvem o P das camadas mais profundas, deslocando-o para formação aérea que, depois de consumida pelos animais, retorna na forma de excrementos e ou restos de plantas não consumidas para a camada superficial do solo. No Módulo 2 só houve diferença significativa entre os teores de P da profundidade de [0-5 cm] para a profundidade de (10-20 cm], enquanto que no Módulo 3, apesar da concentração ir diminuindo em função da profundidade, essas não foram

significativas ($P < 0,05$), possivelmente em decorrência da movimentação de solo e, incorporação de adubos fosfatados anteriores à implantação do projeto.

Tabela 15. Valores médios para a variável estudada – fósforo disponível em ppm para interação dupla entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Fósforo (ppm)			
Profundidade	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3
[0-5 cm]	27,1 ± 1,2 A a	18,5 ± 1,2 A b	15,1 ± 1,2 A b
(5-10 cm]	11,2 ± 1,2 B a	17,0 ± 1,2 AB b	13,7 ± 1,2 A ab
(10-20 cm]	6,5 ± 1,2 C a	13,5 ± 1,2 B b	12,8 ± 1,2 A b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

6.3.3 POTÁSSIO (K)

Verifica-se para a variável potássio, um efeito significativo ($P < 0,05$) para o fator profundidade (Anexo E).

Conforme se verifica na Tabela 16, houve diminuição significativa ($P < 0,05$) na concentração de K, à medida que foi aumentando a profundidade de coleta.

Tabela 16. Valores médios para a variável estudada – potássio em ppm, para o fator profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.

Profundidade	Potássio (ppm)
[0-5 cm]	97 ± 3,8 a
(5-10 cm]	61 ± 3,8 b
(10-20 cm]	48 ± 3,8 c

Médias ligadas por letras distintas nas colunas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Não foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) para os demais fatores e suas interações. Demonstrando que até aos nove meses da implantação do PRV, não houve diferenças nas concentrações de K.

Para o K, os valores médios de 99 ppm, 55 ppm e 61 ppm, expressos no Anexo F, referentes a terceira coleta, Módulos 1, 2 e 3 na profundidade de [0-20 cm], são considerados suficientes, baixo e médio para as principais culturas no Estado de Santa Catarina.

6.3.4 MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

O teor de MO do solo é o resultado do balanço entre os processos de adição e perda.

Verifica-se para a variável MO um efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores módulo, profundidade, época de coleta e a interação dupla módulo*profundidade (Anexo G).

Na Tabela 17, constam os valores da variável MO para a interação dupla entre os fatores módulo e profundidade. Observa-se que o Módulo 1 em todas as profundidades apresentou percentual de MO superior aos Módulos 2 e 3, sendo que na profundidade de [0-5 cm] esse percentual foi significativamente superior ($P < 0,0001$) ao Módulo 2, que por sua vez, foi significativamente superior ($P < 0,0001$) ao Módulo 3. Para as demais profundidades, não houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os Módulos 1 e 2, porém houve entre os Módulos 1 e 3. Os valores menores de MO, nos Módulos 2 e 3, são explicados pela maior mineralização, ocasionada pelas práticas agrícolas de revolvimento do solo, utilizadas na fase anterior a implantação do projeto de PRV. Observa-se claramente, como apontado por Mello *et al* (1988, p. 134), Tomé Jr. (1997, p. 105), Bayer e Mielniczuk (1997), Machado (2004, p. 93), que as taxas de perdas da MO são influenciadas especialmente pelo preparo do solo. Pois, a área do Módulo 3, que apresentou os menores percentuais de MO, antes da implantação do

projeto foi largamente utilizada para o cultivo de plantas anuais em sistemas convencionais, com constantes revolvimentos do solo.

Tabela 17. Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica em %, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Matéria orgânica (%)			
Profundidade	Módulo		
	1	2	3
[0-5 cm]	7,47 ± 0,29 A a	5,22 ± 0,29 A b	2,77 ± 0,29 A c
(5-10 cm]	4,22 ± 0,29 B a	3,82 ± 0,29 B a	2,49 ± 0,29 A b
(10-20 cm]	3,54 ± 0,29 B a	3,08 ± 0,29 B ab	2,24 ± 0,29 A b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student (P<0,05).

Na Tabela 17, ilustrado na Figura 13 pode-se observar que a MO teve sua distribuição no perfil do solo, semelhante aos outros nutrientes, com uma concentração significativamente superior (P<0,05) nos Módulos 1 e 2, na camada superficial de [0-5 cm], devido principalmente aos excrementos dos animais. Essa concentração, mais acentuada no Módulo 1 que nos demais, deve-se ao sistema de exploração anterior, com pastagem. O Módulo 3 não apresentou diferenças significativas (P<0,05) entre as profundidades estudadas.

Quanto ao fator época de coleta, verifica-se na Tabela 18 que não houve diferença significativa (P<0,05) entre o percentual de MO entre a primeira época de coleta e a terceira, no entanto houve uma diminuição significativa (P<0,05) entre os valores da segunda época de coleta para a terceira época de coleta.

Os valores médios de MO 5,08%, 4,04% e 2,50%, obtidos ao longo das épocas de coleta, na profundidade de [0-20 cm], nos Módulos 1, 2 e 3 (Anexo H), são classificados como alto, médio e baixo respectivamente. Estes dados demonstram o potencial que as pastagens possuem de aumentar e manter os níveis de MO.

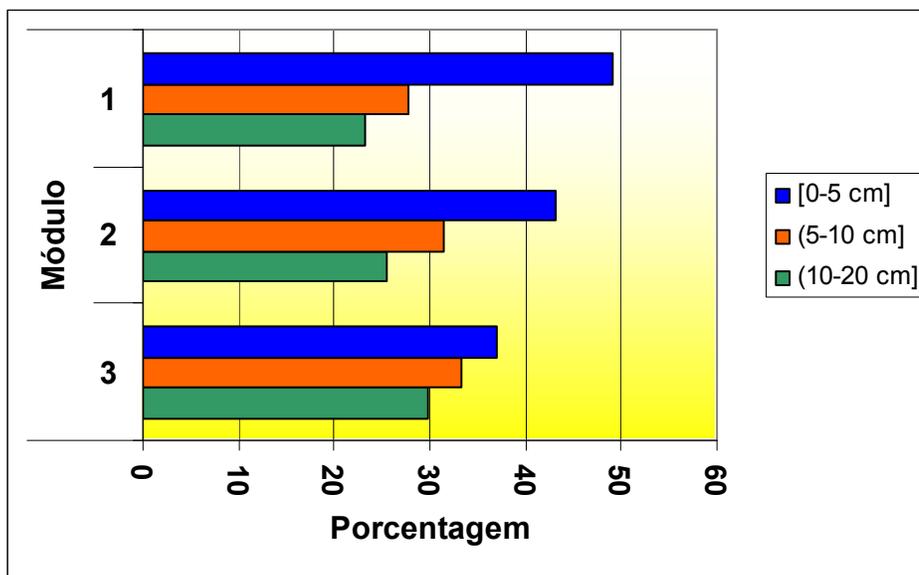


Figura 13. Distribuição do percentual de matéria orgânica por Módulo 1, 2 e 3, nas profundidades de [0-5 cm], [5-10 cm] e [10-20 cm], Camboriú, jan a out/2004.

Tabela 18. Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica em %, para o fator época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

Época de coleta	Matéria orgânica (%)
1 coleta (jan.)	3,85 ± 0,11 a b
2 coleta (jun.)	4,11 ± 0,11 b
3 coleta (out.)	3,65 ± 0,11 a

Médias ligadas por letras distintas nas colunas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Apesar do aumento verificado no sistema radicular na 3 época de coleta, não houve aumento nos teores de MO, esta divergência entre os resultados pode ser explicada pelo fato das amostras de solo terem sido moídas e passadas em peneiras de 2 mm antes de serem analisadas.

Embora aqui seja apresentada referência quantitativa, é necessário frisar que os aspectos qualitativos da MO são considerados mais importantes.

6.3.5 ALUMÍNIO (Al)

Verifica-se para a variável Al ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), um efeito significativo ($P<0,05$) para os fatores época e a interação dupla módulo*época (Anexo I).

Na Tabela 19 constam os valores da variável estudada para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta. Verifica-se no Módulo 1 uma redução significativa ($P<0,05$) no teor de Al da primeira e segunda época de coleta para a terceira época de coleta, enquanto que no Módulo 2, esta redução significativa ($P<0,05$) se deu da primeira para a segunda época de coleta. Os teores de Al nos Módulos 1 e 2 na primeira e terceira épocas de coleta foram significativamente superiores ($P<0,05$) ao Módulo 3. A diminuição do Al da primeira para a segunda e terceira coleta, ocorrida nos Módulos 2 e 1, pode estar relacionada com o K e, dos Módulos 1 e 2, para o 3, com os teores de Ca e Mg. Segundo Moraes *et al* (2004, p. 133), aumentos nos teores de Ca, Mg e K, nas camadas superficiais do solo, reduzem a saturação com Al e o seu efeito tóxico para os vegetais.

Tabela 19. Valores médios para a variável estudada – Alumínio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

Alumínio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)			
Época de coleta	Módulo		
	1	2	3
1 coleta	0,52 ± 0,04 A a	0,50 ± 0,04 A a	0,00 ± 0,04 b
2 coleta	0,57 ± 0,04 A a	0,24 ± 0,04 B b	0,00 ± 0,04 c
3 coleta	0,22 ± 0,04 B a	0,18 ± 0,04 B a	0,00 ± 0,04 b

Médias ligadas por letras distintas maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P<0,05$).

Existem plantas forrageiras mais sensíveis e ou mais tolerantes ao alumínio, mas de forma geral, o mesmo é visto como um íon tóxico. Segundo Tomé Jr (1997, p. 132), encontra-se em muitas publicações, a indicação de que teores de até $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, são considerados

baixos, esperando que, nas condições de campo, em que muitos fatores atuam simultaneamente na produtividade, os efeitos mais drásticos da toxidez por Al, far-se-ão sentir, apenas a partir desse teor.

Segundo o mesmo autor, apenas o teor de Al trocável, nem sempre é suficiente para caracterizar sua toxidez para as plantas, pois, esta depende também da proporção que o Al ocupa na CTC efetiva. Portanto, para se avaliar corretamente, deve-se calcular a saturação por Al (m%):

$$\text{Saturação por Al (m\%)} = \frac{\text{cmol}_c \text{ Al.dm}^{-3}}{\text{cmol}_c \text{ (CTC efetiva).dm}^{-3}} \times 100$$

Onde CTC efetiva = soma dos teores de K, Ca, Mg e Al.

Na Tabela 20, são apresentados os dados médios de Al em $\text{cmol}_c \text{.dm}^{-3}$ e da CTC efetiva em $\text{cmol}_c \text{.dm}^{-3}$. Baseado nesses dados calculou-se a saturação por Al para os Módulos 1, 2 e 3, primeira e terceira coletas, profundidade de [0-20 cm]. Observa-se que houve diminuição na saturação por Al e que, os dados encontrados são interpretados como baixos, (MALAVOLTA, 1992, p. 42-43-44).

Tabela 20: Valores médios de $\text{cmol}_c \text{ Al.dm}^{-3}$, CTC efetiva em $\text{cmol}_c \text{.dm}^{-3}$ e saturação por Al em %, para os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

Módulo	$\text{cmol}_c \text{ Al.dm}^{-3}$		CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{.dm}^{-3}$)		Saturação por Al (%)	
	1 coleta	3 coleta	1 coleta	3 coleta	1 coleta	3 coleta
1	0,52	0,22	8,35	7,06	6,23	3,12
2	0,50	0,19	7,70	7,91	6,49	2,40
3	0,0	0,0	9,99	10,20	-	-

Nos módulos 1 e 2 houve uma expressiva redução do teor de Al.

No ecossistema Cerrado, cerca de 79% dos solos apresentam saturação por Al^{3+} superior a 40% (CANTARRUTTI *et al*, 2004, p. 1). Baseados em dados do Centro

Internacional de Agricultura Tropical, os mesmos autores, ressaltam que, algumas espécies de elevado potencial produtivo e de alta qualidade forrageira, tais como, *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum*, têm alguma tolerância à saturação por Al de 40% a 70%.

6.3.6 CÁLCIO (Ca)

Verifica-se para a variável Ca ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), um efeito significativo ($P < 0,05$) para o fator profundidade e as interações duplas módulo*profundidade e módulo*época (Anexo J).

Os valores para variável Ca em função da interação dupla entre os fatores módulo e profundidade são apresentados na Tabela 21. No Módulo 1, houve diferença da concentração de Ca no perfil do solo, onde, as concentrações foram sendo significativamente menores ($P < 0,05$) com o aumento da profundidade. Essa maior concentração do Ca superficialmente é explicada pela absorção e deslocamento para formação da planta que, após ser consumida, tem retorno direto sobre a pastagem, por meio dos excrementos animais. As fezes (sic) são a principal via de excreção do Ca, com liberação lenta, uma vez que, pequena quantidade do Ca presente é solúvel em água, Moraes *et al* (2004, p.132-133). Para os Módulos 2 e 3, possivelmente em função do menor período em que a área é submetida ao pastoreio, a distribuição do Ca não foi significativa ($P < 0,05$) no perfil do solo. O Módulo 3 apresentou os maiores teores de Ca em todas as profundidades, sendo significativamente superiores ($P < 0,05$) aos demais módulos.

Tabela 21. Valores médios para a variável estudada – cálcio em $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$, para a interação dupla entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.

Cálcio ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)			
Profundidade	Módulo		
	1	2	3
[0-5 cm]	6,2 ± 0,1 A a	5,7 ± 0,1 A b	6,9 ± 0,1 A c
(5-10 cm]	4,8 ± 0,1 B a	5,7 ± 0,1 A b	7,0 ± 0,1 A c
(10-20 cm]	4,3 ± 0,1 C a	5,7 ± 0,1 A b	7,1 ± 0,1 A c

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Na Tabela 22 constam os valores da variável Ca para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta. Verifica-se no Módulo 1 uma redução significativa ($P < 0,05$) do Ca da primeira época de coleta para as demais, enquanto que no Módulo 2 houve um aumento significativo da primeira época de coleta para a terceira época de coleta e no Módulo 3 não houve variação nos teores de Ca em nenhuma das épocas de coleta estudadas. Os teores de Ca encontrados no Módulo 3, em todas as épocas de coleta, foram significativamente superiores ($P < 0,05$) aos teores encontrados nos Módulos 2 e 3.

Tabela 22. Valores médios para a variável estudada – cálcio em $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$, para a interação dupla entre os fatores módulo e época, Camboriú, jan a out/2004.

Cálcio ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)			
Época de coleta	Módulo		
	1	2	3
1 coleta	5,56 ± 0,1 A a	5,47 ± 0,1 A a	6,93 ± 0,1 A b
2 coleta	4,96 ± 0,1 B a	5,80 ± 0,1 AB b	7,05 ± 0,1 A c
3 coleta	4,84 ± 0,1 B a	5,83 ± 0,1 B b	7,04 ± 0,1 A c

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Os valores médios encontrados para a variável Ca, em função dos fatores módulo, profundidade e época de coleta (Anexo K) são classificados como teores altos.

6.3.7 MAGNÉSIO (Mg)

Verifica-se para a variável Mg ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), um efeito significativo ($P < 0,05$) para os fatores módulo, profundidade e as interação duplas módulo*profundidade e módulo*época (Anexo L).

Constam na Tabela 23, os valores médios da variável Mg, com relação à interação dupla entre os fatores módulo e profundidade. No Módulo 1 houve uma concentração significativa ($P < 0,05$) de Mg na camada superficial de [0-5 cm]. No Módulo 2 a concentração de Mg na profundidade de [0-5 cm], também foi significativamente superior ($P < 0,05$), porém menos acentuada que no Módulo 1. No Módulo 3, não se observaram diferenças na concentração do Mg no perfil do solo estudado. Possivelmente, a distribuição do Mg nos perfis dos Módulos 1 e 3, estão relacionadas com as formas de utilização do solo anterior a implantação do projeto, mantendo-se ao longo dos nove meses que compreenderam a avaliação. Essas distribuições podem ser observadas na Figura 19, onde 44%, 37,5% e 33% do Mg, encontra-se na camada de [0-5 cm], 30%, 32,5% e 33% na camada de (5-10 cm], 26%, 30% e 34% na camada de (10-20 cm], nos Módulos 1, 2 e 3, respectivamente.

Para os Módulos 1 e 2 houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os teores de Mg encontrados na profundidade de [0-5 cm], não havendo diferenças significativas entre as demais profundidades, contudo, ambos os teores são significativamente menores ($P < 0,05$) que os encontrados no Módulo 3 (Tabela 23). Certamente, um dos aspectos que influenciou esse resultado foi a calagem realizada anteriormente.

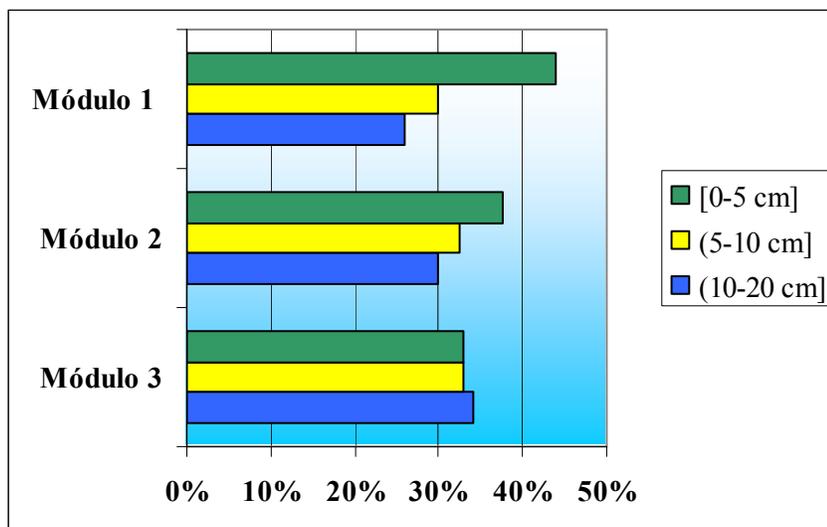


Figura 14. Percentual médio de magnésio por módulo e profundidade, Camboriú, jan a dez/2004.

Tabela 23. Valores médios para a variável estudada – magnésio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)			
Profundidade	Módulo		
	1	2	3
[0-5 cm]	$2,33 \pm 0,07$ A a	$1,88 \pm 0,07$ A b	$2,87 \pm 0,07$ A c
(5-10 cm)	$1,63 \pm 0,07$ B a	$1,63 \pm 0,07$ B a	$2,91 \pm 0,07$ A b
(10-20 cm)	$1,44 \pm 0,07$ B a	$1,51 \pm 0,07$ B a	$2,99 \pm 0,07$ A b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Na Tabela 24 constam os valores médios da variável Mg, com relação à interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta. Houve uma diminuição significativa ($P < 0,05$) do Mg no Módulo 1, da primeira época de coleta para a segunda e terceira épocas de coleta. Para os Módulos 2 e 3 não houveram diferenças significativas entre as épocas de coleta.

Os valores médios encontrados para a variável Mg em função da interação entre os fatores módulo, profundidade e época de coleta (Anexo M), são classificados como teores altos.

Tabela 24. Valores médios para a variável estudada – magnésio em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a out/2004.

Magnésio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)			
Época de coleta	Módulo		
	1	2	3
1 coleta	1,97 ± 0,06 A a	1,61 ± 0,06 A b	2,90 ± 0,06 A c
2 coleta	1,68 ± 0,06 B a	1,66 ± 0,06 A a	2,85 ± 0,06 A b
3 coleta	1,76 ± 0,06 B a	1,75 ± 0,06 A a	3,01 ± 0,06 A b

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Segundo Klapp (1971, p. 269), o Mg é uma pedra fundamental na constituição da clorofila, sendo também da maior importância na nutrição animal, como elemento de troca com o Ca, P, K e Na, sendo que sua carência causa a tetania das pastagens.

6.3.8 SÓDIO (Na)

Segundo Tomé Jr (1997, p. 124), o Na não é um nutriente essencial para as plantas, embora possa substituir algumas funções bioquímicas do K no metabolismo vegetal. Entretanto, quando o Na está presente no solo em quantidades significativas, particularmente em proporção a outros cátions, ele pode ter efeitos adversos sobre a produtividade das culturas, seja diretamente, dificultando a absorção de água e cátions nutrientes pela planta, ou indiretamente, pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando desestruturação do solo e prejudicando a infiltração de água, oxigênio e crescimento das raízes.

No entanto para os animais, o Na é indispensável, sendo necessário sua suplementação, pois dificilmente, as necessidades dos animais são cobertas pelo teor de Na encontrado nas plantas, com exceção, em áreas próximas ao mar (KLAPP, 1971, p. 271).

A determinação do Na foi realizada para classificar o solo, em função da área do projeto localizar-se próximo da orla marítima.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 25, o solo é classificado como não salino, por apresentar saturação por sódio na CTC inferior a 1%.

Tabela 25: Valores médios de $\text{cmol}_c \text{Na} \cdot \text{dm}^{-3}$, CTC em $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ e saturação por Na em %, para os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a dez/2004.

Módulo	$\text{cmol}_c \text{Na} \cdot \text{dm}^{-3}$		CTC. ($\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$)		Saturação por Na (%)	
	1 coleta	3 coleta	1 coleta	3 coleta	1 coleta	3 coleta
1	0.09	0.09	14.47	13.21	0.6	0.7
2	0.07	0.08	14.49	13.57	0.5	0.6
3	0.05	0.06	12.74	13.09	0.4	0.5

6.3.9 ACIDEZ POTENCIAL (H+Al)

Para a variável acidez potencial ($\text{cmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$), não houve efeito significativo ($P < 0,05$) para nenhum dos fatores analisados (Anexo N).

6.3.10 SOMA DE BASES (S)

Denomina-se “soma de bases trocáveis” de um solo, a soma dos teores de cátions permutáveis, exceto o H^+ e o Al^{3+} (MELLO et al, 1988, p. 45). A soma de bases tem grande importância quando se refere à fertilidade do solo, pois, solos contendo soma de bases baixa, representam pobreza em nutrientes como K, Ca e Mg.

Verifica-se para a variável soma de bases ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), um efeito significativo ($P<0,05$) para o fator profundidade e as interações duplas módulo*profundidade e módulo*época (Anexo O).

Na Tabela 26 constam os valores da variável soma de bases para a interação dupla entre os fatores módulo e profundidade. No Módulo 1, verifica-se uma diminuição significativa ($P<0,05$) nos valores da variável soma de bases a medida em que vai aumentando a profundidade, enquanto que nos Módulos 2 e 3, não houveram diferenças significativas ($P<0,05$) entre as profundidades estudadas. O comportamento da variável no Módulo 1 indica uma concentração de cátions superficial, efeito este esperado em pastagens, como comentado anteriormente na página 70.

O Módulo 3 em todas as profundidades estudadas apresentou os maiores valores para a variável soma de bases, sendo significativamente superior ($P<0,05$) aos demais módulos.

Tabela 26. Valores médios para a variável estudada – soma de bases em $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Soma de bases ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)			
Profundidade	Módulo		
	1	2	3
[0-5 cm]	9,10 ± 0,22 A a	7,93 ± 0,22 A b	10,06 ± 0,22 A c
(5-10 cm]	6,85 ± 0,22 B a	7,55 ± 0,22 A b	10,17 ± 0,22 A c
(10-20 cm]	6,05 ± 0,22 C a	7,41 ± 0,22 A b	10,30 ± 0,22 A c

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P<0,05$).

Na Tabela 27 constam os valores da soma de bases para a interação dupla entre os fatores módulo e época de coleta, não foi observado diferença significativa ($P<0,05$) entre a primeira, segunda e terceira épocas de coleta para os Módulos 2 e 3, porém para o Módulo 1,

houve redução significativa ($P < 0,05$) da variável soma de bases da primeira época de coleta para a segunda e terceira épocas de coletas.

Os valores encontrados para a variável soma de bases para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade (Anexo P), são classificados como altos.

Tabela 27. Valores médios para a variável estudada – soma de bases em $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e época de coleta, Camboriú, jan a out/2004.

Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)			
Época de coleta	Módulo		
	1	2	3
1 coleta	7,95 ± 0,19 A a	7,33 ± 0,19 A b	10,06 ± 0,19 A c
2 coleta	7,04 ± 0,19 B a	7,69 ± 0,19 A b	10,14 ± 0,19 A c
3 coleta	7,01 ± 0,19 B a	7,86 ± 0,19 A b	10,33 ± 0,19 A c

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

6.3.11 CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIIONS

A matéria orgânica e a argila têm cargas negativas, que atraem elementos com cargas positivas, os cátions (MALAVOLTA, 1992, p. 12). A esta quantidade de cátions, em estado permutável, retidos à superfície desses colóides, se denomina capacidade de troca de cátions do solo (CTC).

Nos solos ácidos, obtém-se uma boa estimativa da CTC pela soma dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al trocável e H^+ total (MELLO *et al*, 1988, p. 45).

Solos com baixa CTC significam solos com pouca capacidade de reter cátions, o que permite maiores perdas por lixiviação.

Aguiar (1998, p. 54), analisando os solos mais representativos da região do Brasil Central, observa que: embora a matéria orgânica corresponda apenas 1,21 a 4,51% dos componentes do solo, ela é responsável por 56 a 74% da CTC do solo.

Verifica-se, para a variável capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), um efeito significativo ($P < 0,05$) para o fator profundidade e a interação dupla módulo*profundidade, (Anexo Q).

Na Tabela 28 constam os valores da variável CTC para a interação módulo e profundidade. Verifica-se no Módulo 1 que a CTC do solo, na profundidade de [0-5 cm], foi significativamente superior ($P < 0,05$) que a CTC encontrada nas profundidades de [5-10 cm] e [10-20 cm]. Nos Módulos 2 e 3 não houve diferença no perfil do solo. A maior capacidade de troca de cátions foi encontrada no Módulo 1 na profundidade de [0-5 cm].

Tabela 28. Valores médios para a variável estudada – capacidade de troca de cátions em $\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$, para a interação entre os fatores módulo e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)			
Profundidade	Módulo		
	1	2	3
[0-5 cm]	15,46 ± 0,36 A a	13,60 ± 0,36 A b	12,79 ± 0,36 A b
(5-10 cm]	12,97 ± 0,36 B a	13,93 ± 0,36 A a	12,90 ± 0,36 A a
(10-20 cm]	12,47 ± 0,36 B a	13,90 ± 0,36 A b	12,97 ± 0,36 A ab

Médias ligadas por letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Para os demais fatores, não houve diferenças significativas ($P < 0,05$) para a variável CTC, sendo que os valores médios encontrados (Anexo R) são classificados como altos.

6.3.12 SATURAÇÃO DE BASES (V%)

Segundo Tomé Jr (1997, p. 138), o cálculo da saturação por bases nos fornece uma idéia do estado de ocupação das cargas da CTC total, ou seja, do total de cargas negativas existentes no solo, que proporção é ocupada pelos cátions úteis, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ .

A V% é um excelente indicativo da fertilidade do solo. Um índice baixo, significa que há pequenas quantidades de cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , saturando as cargas negativas dos colóides, e que, a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} . O solo neste caso, provavelmente será ácido, podendo até conter níveis de Al tóxico para as plantas. Dá-se o contrário, quando este valor é alto (MELLO *et al*, 1988, p. 46). Entretanto, V% muito alto, em geral acima de 80% pode ser prejudicial (MALAVOLTA, 1992, p. 14).

Para a variável V%, não observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para nenhum dos fatores estudados (Anexo S).

Os valores da variável V%, para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, apresentados no Anexo T, são classificados como médio a altos.

6.3.13 VARIÁVEIS – PERFIL DO SOLO

Nas Figuras 15 e 16, constam os percentuais das variáveis massa seca radicular, fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio, para os fatores Módulo 1, 2 e 3, primeira e terceira coletas, profundidade de [0-5 cm]. Verifica-se, na primeira coleta, Módulo 1 (exploração pastoril há mais de 20 anos), uma concentração maior que 40% para os elementos K, MO, Ca e Mg, nos primeiros cinco centímetros do solo, quando comparado com as demais profundidades estudadas. Sendo que para P e massa seca radicular os valores são superiores a 60%. Para os Módulos 2 e 3, que anteriormente ao projeto não tinham a presença dos animais, essas concentrações se davam mais homogeneamente ao longo do perfil de zero a vinte centímetros do solo. Contudo, os valores da terceira época de coleta, feita nove meses após a implantação do PRV, apontam para um início de concentração nesses módulos, na camada de [0-5 cm], e uma concentração ainda maior desses elementos nessa mesma profundidade no Módulo 1.

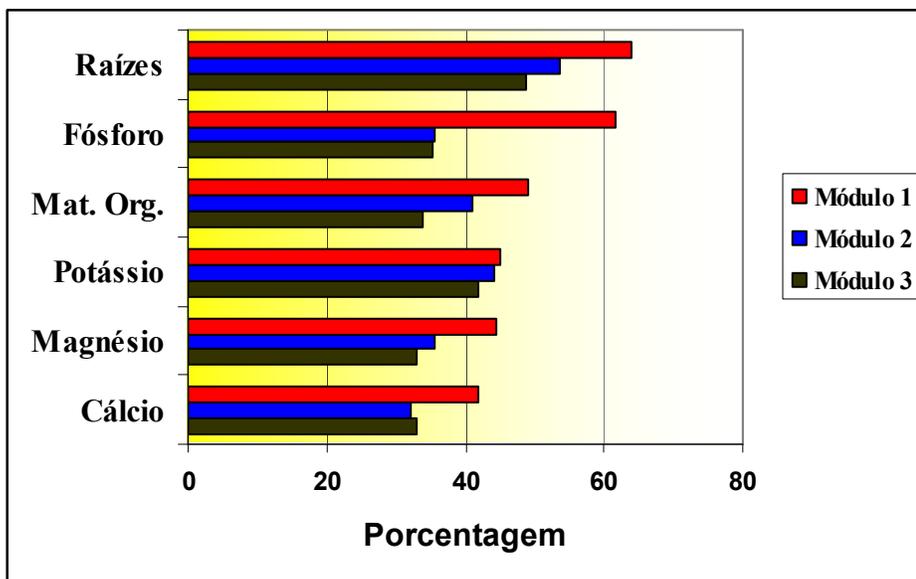


Figura 15. Porcentagem de raízes, fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio, encontrados na primeira coleta, na profundidade de [0-5 cm], comparada com as demais profundidades estudadas nos Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, jan/04.

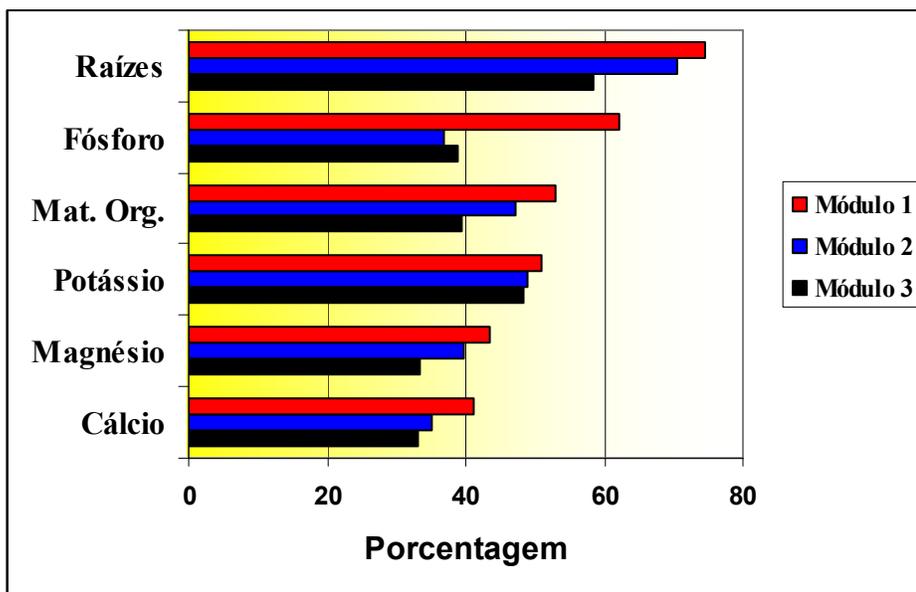


Figura 16. Porcentagem de raízes, fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio, encontrados na terceira coleta, na profundidade de [0-5 cm], comparada com as demais profundidades estudadas nos Módulos 1, 2 e 3, Camboriú, out/04.

Cada planta e o resultado da interação solo-clima-manejo, uns interferindo sobre o comportamento dos outros, resultando em um perfil para cada sistema de exploração. No caso do sistema pastoril bem manejado, a interação entre os fatores forrageiras-solo-clima-manejo,

determinam um sistema radicular mais superficial, porém, que tomam toda a área plantada, formando uma malha de raízes que encontram-se entre si e são capazes de explorar o solo nesta região como um todo, formando uma perfeita malha, dificultando a distinção do que é solo e o que é sistema radicular. Nesse contexto, considerando as condições do meio, devemos traçar estratégias de manejo para com os animais e as plantas, de forma a construir um perfil, onde as forrageiras e os animais encontrem um ambiente harmônico, química, física e biologicamente estando, portanto, ajustados para seu pleno desenvolvimento. Considerando esta superficialidade do sistema radicular das pastagens e que os animais ao pastorearem exercem pressão podendo levar a uma compactação superficial do solo, a estratégia para reduzir este efeito negativo é dividir a área em piquetes, conduzir os lotes com no mínimo uma carga instantânea maior que 200 UGM/hectare, períodos de ocupação curtos e períodos de repouso longos e variáveis, ou seja, seguir os princípios do Pastoreio Racional Voisin. Ao adotarmos esse manejo, estamos reduzindo os efeitos do pisoteamento a níveis mínimos, que não oferecem resistência ao pleno desenvolvimento do sistema radicular das plantas forrageiras e ao mesmo tempo permitindo boas condições físicas ao solo para a infiltração, deslocamento e armazenamento de água e ar, condições indispensáveis para o pleno desenvolvimento das raízes e da vida no solo.

As pastagens também favorecem o aumento da concentração dos elementos na superfície do solo, acelerando a ciclagem dos nutrientes e evitando suas perdas por lixiviação. As raízes interceptam os nutrientes nas camadas mais profundas, deslocando-os para a formação da parte aérea das forrageiras, que depois de consumida pelos animais, retorna sobre a superfície do solo sob a forma de excrementos, excelente fonte de matéria orgânica para o solo e importante fonte de alimento que desencadeia e ativa a biocenose no solo, induzindo importantes processos que aumentam a qualidade dos solos. Tal fato pode ser visualizado com o elemento fósforo, nas Figuras 15 e 16, Módulo 1, onde o P apesar de sua baixa mobilidade,

apresenta uma concentração maior que 60% nos primeiros 5 cm do solo. Com a concentração dos nutrientes e do sistema radicular na camada mais superficial do solo, respaldada por uma boa condição física do solo, pela deposição concentrada de bosta e urina conseguida com os animais sendo conduzidos em Pastoreio Racional Voisin, promove uma explosão da vida no solo, base de sustentação de uma produção mais equilibrada.

6.4 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Na Tabela 29, constam os materiais e os custos para a implantação do projeto de Pastoreio Racional Voisin, no Colégio Agrícola de Camboriú, em uma área de 11,81 hectares, dividida em três módulos, contendo ao todo 77 piquetes, todos com acesso individual à água. Verifica-se que para adotar esta tecnologia, foram necessários investimentos na ordem de R\$ 1.025,00 por hectare.

Tabela 29. Custos para implantação do PRV, no Colégio Agrícola de Camboriú, Camboriú, jan/04.

Materiais	Custo (R\$)
Cerca elétrica – palanques, arame liso, esticadores, eletrificadores, porteiras, cinta eletrolástica, cabo subterrâneo, isoladores e outros.	8.307,75
Materiais hidráulicos – tubos de PVC, bebedouros, bóias, luvas, torneiras e outros.	3.798,90
Total	12.106,65

6.4.1 CUSTO DE PRODUÇÃO E INDICADORES PRODUTIVOS

Os cálculos do custo de produção do leite, para os anos de 2003 e 2004 foram realizados, com os dados possíveis de serem levantados e as avaliações efetuadas dentro da realidade do Colégio Agrícola de Camboriú.

O capital próprio foi remunerado em 6% ao ano e, a mão-de-obra considerada 1,22 unidade de trabalho humano (UTH).

Para o cálculo da receita com a venda do leite, consideraram-se os valores mensais pagos pelas indústrias aos produtores, nos respectivos anos do estudo e, para animais descarte, valor de mercado. Já o valor da terra e, os custos com energia elétrica e mão de obra, foram apenas estimados.

O inventário, os custos de produção e indicadores produtivos são apresentados no Anexo U.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se sugerir que o manejo em Pastoreio Racional Voisin, conduzido com altas cargas instantâneas, períodos de ocupação curtos, períodos de descanso dos piquetes variáveis e longos, aumentam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas forrageiras. Houve um aumento significativo ($P < 0,05$) da massa seca radicular por hectare na camada de [0-5 cm], nos Módulos 1, 2 e 3 da primeira época de coleta para a terceira, onde a massa seca radicular passou de 8.372 kg, 3.659 kg e 1.793 kg para 11.385 kg, 12.974 kg e 3.770 kg, representando um aumento de 36%, 255% e 110% respectivamente. Portanto, esse aumento significativo no sistema radicular, ocasionado pela mudança no manejo de pastoreio dos animais, aumentou o volume de solo explorado pelas plantas, possibilitando um aumento na absorção de nutrientes, aumentou a capacidade das plantas em armazenar carboidratos não estruturais, substâncias de reserva prontamente disponível para intensificar o rebrote vigoroso após o pastoreio levado a fundo, aumentou a área rizosférica e a deposição de materiais orgânicos, principal alimento dos seres vivos do solo, além de contribuir no seqüestro de carbono, aumentando a qualidade ambiental.

Para o perfil do solo analisado verifica-se que quanto mais freqüente e intensa for a utilização da pastagem, tanto mais se acumulará também a massa de raízes na camada superficial do solo, tal fato é observado nos resultados encontrados no Módulo 1, explorado com pastagem há mais de 20 anos, uma concentração de 70,53% do sistema radicular nos primeiros cinco centímetros do solo e uma tendência, com a introdução dos animais em pastoreio nos Módulos 2 e 3, de ocorrer comportamento semelhante. Vale ressaltar, porém, que esse aumento do sistema radicular na camada mais superficial, não se deu em detrimento da redução da massa radicular nas camadas mais profundas.

Os dados apontam também para uma melhoria nas condições físicas do solo, com redução significativa da resistência à penetração. A variável RP ajustada passou de $21,7 \pm 0,6$

kgf.cm⁻², 21,2 ± 0,7 kgf.cm⁻² e 25,2 ± 1,7 kgf.cm⁻², Módulos 1, 2 e 3 na primeira época de coleta (janeiro), para 10,6 ± 0,9 kgf.cm⁻², 11,2 ± 0,5 kgf.cm⁻² e 8,6 ± 0,7 kgf.cm⁻², Módulos 1, 2 e 3 na terceira época de coleta (outubro), representando uma diminuição da resistência do solo à penetração da primeira para a terceira época de coleta nos módulos 1, 2 e 3 de 51%, 47% e 66% respectivamente. Há de supor que, essa melhora facilitou a infiltração, movimentação e armazenamento de água e ar, fatores indispensáveis, que podem ter contribuído para o aumento no desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Para o perfil do solo analisado, verifica-se que solos submetidos ao pastejo contínuo podem apresentar resistência à penetração semelhante aos solos que são constantemente arados e gradeados e que o manejo em PRV, feitos com altas cargas instantâneas, períodos de ocupação curtos e de repouso variáveis, mantém os níveis de resistência do solo à penetração dentro de patamares aceitáveis e não prejudiciais ao sistema pastoril.

Para as variáveis analisadas que expressam a fertilidade do solo, houve um aumento no pH em CaCl₂ nos Módulos 1 e 2, da primeira para a segunda época de coleta; para o fósforo houve uma redução de 21% na concentração da primeira para a terceira época de coleta, sendo que longos anos com pastagem promovem uma concentração desse elemento na camada superficial do solo; quanto ao potássio verificou-se uma diminuição de concentração à medida que foi aumentando a profundidade do solo; para a matéria orgânica verificou-se o potencial das pastagens em aumentar e manter os níveis de MO do solo, bem como sua concentração na camada superficial do solo; o alumínio teve uma redução significativa (P<0,05) nos módulos mais pastoreados, Módulos 1 e 2, da primeira para a terceira época de coleta; o cálcio apresentou diferenças em suas concentrações ao longo do perfil do solo no Módulo 1, demonstrando que o pastoreio ao longo dos anos leva a um aumento da concentração desse elemento na camada superficial do solo pastoril; o magnésio apresentou concentração superficial nos módulos mais pastoreados, sendo que no Módulo 1, 44% do Mg

foi encontrado na camada superficial de 0 a 5 cm; quanto a variável soma de bases, houve uma redução significativa ($P < 0,05$) no Módulo 1 da primeira para a segunda e terceira épocas de coleta; para capacidade de troca de cátions e saturação de bases, não houve mudanças significativas até nove meses da implantação do PRV no Colégio Agrícola de Camboriú, representadas pelo fator época de coleta.

Verificou-se que o sistema pastoril ao longo dos anos leva a uma concentração de mais de 40% nos teores de fósforo, matéria orgânica, potássio, magnésio e cálcio na camada superficial de 0 a 5 cm. Enquanto que, para os Módulos 2 e 3, que não tinham a presença dos animais até a implantação do projeto, essas concentrações se distribuíam homogêneas ao longo do perfil de [0-20 cm] do solo.

Quanto à avaliação econômica da atividade leiteira, após a implantação do Pastoreio Racional Voisin, os dados não nos permitem grandes inferências, pois inúmeros foram os fatores alheios ao projeto que interferiram no processo, como a diminuição no número de vacas em lactação causado por problemas sanitários anteriores e falhas na detecção do cio, entre outros. Maiores considerações, só poderão ser formuladas com o passar do tempo, com a estabilização do rebanho.

Além dessas considerações pontuais, não se pode deixar de citar que a implantação deste projeto de produção de leite à base de pasto, utilizando a tecnologia PRV em nossa Instituição, tem um forte efeito demonstração, tanto para produtores como para nossos alunos, que poderão levar para suas casas um exemplo de um processo produtivo mais estável e menos dependente de recursos externos à propriedade, como rações, concentrados e adubos de síntese química, entre outros. Em outras palavras, mais econômicos, além da proteção ambiental.

Que o desenvolvimento deste trabalho, realizado com a participação direta dos alunos, gera uma possibilidade ímpar de aprendizagem, o que facilita o entendimento e a

compreensão das técnicas que balizam e orientam o sistema, como: a introdução em sobressemeadura de espécies hibernais para pastoreio, que permite reduzir os custos com mão-de-obra, por diminuir o fornecimento de volumoso no cocho; a inoculação e peletização de sementes; a criação das bezerras utilizando vacas-amas, excelente alternativa para substituir os métodos convencionais de criação; os benefícios da concentração de bosta e urina e da troca do princípio ativo do vermífugo, no desenvolvimento de besouros e minhocas; a movimentação dos animais minutos antes de saírem dos piquetes para a sala de ordenha, para que bosteiem e urinem; assim como tantas outras técnicas de manejo realizadas.

Que os resultados obtidos a campo, principalmente com a presença dos animais e de todos os demais fatores que interferem na produção, permitam resultados mais próximos da realidade o que, por sua vez, facilita a tomada de decisão sobre a adoção ou não, de determinada tecnologia.

Estes são dados iniciais, mas permitem a criação de uma linha de pesquisa, com avaliações e monitoramentos ao longo dos anos, gerando respostas mais consistentes, pois, não podemos e não devemos esperar da natureza respostas pontuais e rápidas.

O PRV exige de todas as pessoas envolvidas no processo: conhecimento; dedicação; administração; disciplina; estar presente diariamente e sentir-se parte do processo, pois um dia é diferente do outro, não existem regras e profissionais que não se disponham a isso, não iniciem, pois, estarão fadados ao fracasso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTRONOMY LAB II. Disponível em:

<http://www.geocities.yahoo.com.br/programas.htm>. Acesso em: 18/03/2005.

AGUIAR, A. P. A. **Manejo da fertilidade do solo sob pastagem, calagem e adubação**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1998. 120 p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 21, nº 1, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.

BERNOUX, M., et al. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical – pastagem de Paragominas. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 56, nº 4, out./dez. 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000400003&Ing=pt&nrm=iso. Acesso em: 02/02/2005.

BERTOL, I., et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, nº 5, maio. 2000. p. 1047 – 1054. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n5/4728.pdf>. Acesso em: 10/02/2005.

BRANCIO, P. A., et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo, composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 31, nº 3, mai/jun 2002.

CAMARGO O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. São Paulo: Degaspar, 1997. 132 p.

CANTARUTTI, R. B.; NOVAIS, R. F.; SANTOS, H. Q. Calagem e adubação de pastagens – mitos e verdades. In: PEREIRA, O. G., et al (Ed). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Suprema, 2004. p. 1 - 23.

CECATO, U., et al. Sistema radicular - componente esquecido das pastagens. In: PEREIRA, O. G., et al (Ed). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Suprema, 2004. p. 109-158.

CEPA. Instituto. Custo de produção. Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://www.icepa.com.br> Acesso em: 10/02/2005.

COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J. P. **O futuro roubado**. Porto Alegre: L&PM Editores S/A, 2002. 354 p.

CONTAGRI. Sistema informatizado de contabilidade de gestão agrícola. Versão 5.995. Florianópolis: EPAGRI, 2000.

CÓSER, A. C., et al. Efeito de diferentes períodos de ocupação da pastagem de capim-elefante sobre a produção de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, nº 5, maio 1999. p. 861-866. Disponível em: <http://atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAssunto>. Acesso em: 23/07/2004.

DARTORA, V. **Estudos de casos de tecnologia e custos de produção na pecuária leiteira**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2004. 64 p.

ERPEN, J. G. **A construção de um sistema agroecológico sustentável para bovinocultura: O P.R.V. da fazenda Quero-Quero**. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

EPAGRI/ CIRAM. **Inventário das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú**. Março, 1999. 103 p.

FAO. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 10/11/2003.

FISHER, M. J., et al. **Another dimension to grazing systems: soil carbon**. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, II., 2004, Curitiba. Anais...

GOSS, M. J., et al. **Root growth and distribution in relation to nutrient availability and uptake**. European Journal of Agronomy, 1993, v. 2, p.41-51.

GREENWOOD, K. L.; McKENZIE, B. M.. **Grazing effects on soil physical and the consequences for pastures: a review**. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2001. 41, p. 1231-1250.

GUIMARÃES, D. R. Apresentação. In: SOUZA, A. T. et al (Ed). **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina – 2001-2002**. Florianópolis: Instituto Cepa, 2002. p. 3.

HAYMUSSI, H.; ARAÚJO, S. A. **Relatório climatológico**. Síntese anual. Janeiro a dezembro. Estação meteorológica automática. Itajaí: Universidade do Vale de Itajaí, 2003 e 2004.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática** – SIDRA. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12/02/2005.

ICONE. Instituto do estudo do comércio e negociações internacionais. Disponível em: <http://www.iconebrasil.org.br>. Acesso em 03/07/2005.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, nº 7, jul 2000. p. 1493-1500. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0100-204X200000078Ing=pt&nrm=iso. Acesso em: 10/02/ 2005.

KLAPP, E. **Prados e Pastagens**. 4ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 873 p.

KLEPPER, B. **Roots**: past, present and future. In: International Potash Institute. Roots of plant nutrition. Champaign: POTAFOS, 1992. p. 7-18.

LENZI, A. **Desempenho animal e produção de forragem em dois sistemas de uso da pastagem**: pastejo contínuo & pastoreio racional Voisin. 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LOPES, F. C. F., et al. Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, nº 3, junho 2004. p. . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352004000300011&Ing=en&nrm=iso. Acesso em: 03/10/ 2004.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: PEREIRA, O. G., *et al* (Ed). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Suprema, 2004. p. 209-250.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio racional voisin**: Projeto unidade de gado leiteiro – Fazenda da Ressacada. Florianópolis, 1997. 109 p.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio racional Voisin**: Tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004. 310 p.

MACHADO FILHO, L. C. P. Palestra Comportamento Ingestivo de Ruminantes em Pastoreio. **I Seminário sobre Ecologia de Pastagens**, 2004, Florianópolis – Universidade Federal de Santa Catarina – CCA.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MELLO, F. A. F., et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1988. 400 p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 2-8.

MORAES, A., et al. Conservação do solo e da água em pastagens. In: PEREIRA, O. G., et al (Eds). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Suprema, 2004. p. 109-158.

MOREIRA, A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, nº 10, out. 2004. p. 1013 – 1019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n10/22323.pdf>. Acesso em: 02/02/2005.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, nº 11, nov. 2004. p. 1103 – 1110. Disponível em: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2004/novembro/39n11a08.pdf>. Acesso em: 02/02/2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.

MORAES, A., et al. Conservação do solo e da água em pastagens. In: PEREIRA, O. G. et al (Eds). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**. Viçosa: Suprema, 2004. p. 109-158.

MULLER, M. M. L., et al; Degradação de Pastagens na Região Amazônica: Propriedades Físicas do Solo e Crescimento de Raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, nº 11, nov. 2001. p. 1409 – 1411. Disponível em: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2001/novembro/1409.pdf>. Acesso em: 18/09/2004.

NOGUEIRA, M. P. Gestão de custos e avaliação de resultados: agricultura e pecuária. São Paulo: Scot Consultoria, 2004. 219 p.

PAGOTTO, D. S. **Comportamento do sistema Radicular do Capim Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo.** 2001. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 9 ed. São Paulo: Nobel, 1979. 549 p.

RODRIGUES, A. C.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da Intensidade de Pastejo sobre o Sistema Radicular de Pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, nº 3, março 1991. p. 439 - 445. Disponível em: http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab1991/março/pab19_mar_91.pdf. Acesso em: 03/10/2004.

ROMERO, N. F. **Alimente seus pastos... com seus animais.** Guaíba: Agropecuária, 1994. 106 p.

RUSSELL, E. J. **Condiciones del solo y crecimiento de las plantas.** 6 ed. Buenos Aires: Poblet, 1934. 546 p.

SILVA, S. C. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon* e *Setaria*. In: PEIXOTO, A. M. et al (Eds). **Volumosos para bovinos.** 2ª ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 29-57.

SILVEIRA, M. C. A. C. **O efeito de altas cargas instantâneas em pastoreio racional Voisin no comportamento de pastoreio, pastagem e solo e da massagem do úbere ao final da ordenha na incidência de mastite.** 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TOMÉ Jr, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247 p.

VILELA, D. Produção de leite em pasto: atualidades e perspectivas futuras. In: PEREIRA, O. G., et al (Ed). **Anais do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem.** Viçosa: Suprema, 2004. p. 419-462.

VINCENZI, M. L. **Reflexões sobre o uso das pastagens cultivadas de inverno em Santa Catarina.** 1994. 120 f. Monografia apresentada ao concurso para professor titular, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.

VINCENZI, M. L., et al. Determinação da distribuição da biomassa de raízes em pastagem de campo naturalizado melhorado sob Pastoreio Racional Voisin. In: **Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Ciências Agrárias**, 17; out 1997, Goiânia. Resumos... Goiânia: UFG, 1997.

VOISIN, A. **Produtividade do pasto.** 1. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1974. 520 p.

VOISIN, A. **Dinâmica das Pastagens**. São Paulo: Mestre Jou, 1978.

VOISIN, A.; LECOMTE, A. **A vaca e seu pasto**. 4. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1982. 102 p.

WIDDOWSON, R. W. **Hacia uma agricultura holística**: um enfoque científico. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1993. 270 p.

ANEXOS

ANEXO A

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável massa seca radicular (g), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	2.37571612	1.18785806	0.18	0.8417
Módulo	2	37.11947867	18.55973933	2.81	0.1728
Erro experimental	4	26.4056289	6.6014072	----	-----
Profundidade	2	114.4429795	57.2214897	43.01	<.0001
Módulo*profundidade	4	33.1963285	8.2990821	6.24	0.0059
Erro de sub-parcela	12	15.9644895	1.3303741	----	-----
Época	2	18.9525042	9.4762521	50.90	<.0001
Módulo*época	4	8.3707940	2.0926985	11.24	<.0001
Época*profundidade	4	20.2698604	5.0674651	27.22	<.0001
Módulo*época*profundidade	8	7.3505278	0.9188160	4.94	0.0004
Erro de sub-sub-parcela	36	6.7022951	0.1861749	----	-----
Varição total	80	291.1506027			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.976980	25.01362	0.431480	1.724979		

ANEXO B

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável RP ajustada (kgf.cm^{-2}), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	15.69744288	7.84872144	1.19	0.3931
Módulo	2	7.90234034	3.95117017	0.60	0.5922
Erro experimental	4	26.386943	6.596736	----	-----
Profundidade	2	16.63506043	8.31753022	15.91	0.0004
Módulo*profundidade	4	1.72324220	0.43081055	0.82	0.5344
Umidade	1	5.16235305	5.16235305	9.88	0.0085
Umidade2	1	6.42227097	6.42227097	12.29	0.0043
Erro de sub-parcela	12	6.272010	0.522668	----	-----
Época	2	1106.819855	553.409927	283.90	<.0001
Módulo*época	4	83.585092	20.896273	10.72	<.0001
Época*profundidade	4	225.767714	56.441929	28.95	<.0001
Módulo*época*profundidade	8	11.244804	1.405600	0.72	0.6717
Erro de sub-sub-parcela	34	66.277094	1.949326	----	-----
Varição total	80	2990.341162			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.977836	8.393836	1.396183	16.63343		

ANEXO C

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável pH em CaCl₂, Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	7.51432099	3.75716049	3.51	0.1320
Módulo	2	17.95413580	8.97706790	8.38	0.0372
Erro experimental	4	4.28753086	1.07188272	----	-----
Profundidade	2	0.06598765	0.03299383	0.79	0.4770
Módulo*profundidade	4	0.23030864	0.05757716	1.37	0.3001
Erro de sub-parcela	12	0.50259259	0.04188272	----	-----
Época	2	0.26246914	0.13123457	13.94	<.0001
Módulo*época	4	0.28382716	0.07095679	7.54	0.0002
Época*profundidade	4	0.12808642	0.03202160	3.40	0.0185
Módulo*época*profundidade	8	0.11172840	0.01396605	1.48	0.1975
Erro de sub-sub-parcela	36	0.33888889	0.00941358	----	-----
Variação total	80	31.67987654			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.989303	1.902884	0.097024	5.098765		

ANEXO D

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável fósforo disponível (ppm), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	388.6246296	194.3123148	0.52	0.6297
Módulo	2	83.5238889	41.7619444	0.11	0.8969
Erro experimental	4	1493.721481	373.430370	----	-----
Profundidade	2	1221.789074	610.894537	46.11	<.0001
Módulo*profundidade	4	1032.660926	258.165231	19.49	<.0001
Erro de sub-parcela	12	158.982222	13.248519	----	-----
Época	2	346.021667	173.010833	6.97	0.0028
Módulo*época	4	146.860556	36.715139	1.48	0.2289
Época*profundidade	4	61.661481	15.415370	0.62	0.6505
Módulo*época*profundidade	8	190.549630	23.818704	0.96	0.4821
Erro de sub-sub-parcela	36	893.628333	24.823009	----	-----
Varição total	80	6018.023889			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.851508	33.11293	4.982269	15.04630		

ANEXO E

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável potássio (ppm), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	3396.46914	1698.23457	0.43	0.6757
Módulo	2	34320.85802	17160.42901	4.38	0.0984
Erro experimental	4	15682.67901	3920.66975	----	-----
Profundidade	2	35234.41358	17617.20679	45.10	<.0001
Módulo*profundidade	4	4081.17901	1020.29475	2.61	0.0885
Erro de sub-parcela	12	4687.18519	390.59877	----	-----
Época	2	397.08025	198.54012	1.01	0.3759
Módulo*época	4	149.51235	37.37809	0.19	0.9424
Época*profundidade	4	1482.17901	370.54475	1.88	0.1357
Módulo*época*profundidade	8	1033.72840	129.21605	0.65	0.7270
Erro de sub-sub-parcela	36	7107.3333	197.4259	----	-----
Varição total	80	107572.6173			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.933930	20.46974	14.05083	68.64198		

ANEXO F

Valores médios para a variável estudada – potássio (ppm), em função da interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Potássio (ppm)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	134 ± 8,11	132 ± 8,11	150 ± 8,11
(5-10 cm)	96 ± 8,11	79 ± 8,11	92 ± 8,11
(10-20 cm)	69 ± 8,11	73 ± 8,11	54 ± 8,11
Módulo 2			
Profundidade	Potássio (ppm)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	66 ± 8,11	79 ± 8,11	81 ± 8,11
(5-10 cm)	46 ± 8,11	39 ± 8,11	47 ± 8,11
(10-20 cm)	37 ± 8,11	32 ± 8,11	38 ± 8,11
Módulo 3			
Profundidade	Potássio (ppm)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	68 ± 8,11	75 ± 8,11	88 ± 8,11
(5-10 cm)	48 ± 8,11	50 ± 8,11	51 ± 8,11
(10-20 cm)	47 ± 8,11	38 ± 8,11	43 ± 8,11

ANEXO G

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável matéria orgânica (%), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	8.53978025	4.26989012	2.69	0.1820
Módulo	2	91.19959506	45.59979753	28.71	0.0042
Erro experimental	4	6.35256049	1.58814012	----	-----
Profundidade	2	70.74907654	35.37453827	48.05	<.0001
Módulo*profundidade	4	31.23493086	7.80873272	10.61	0.0007
Erro de sub-parcela	12	8.83534815	0.73627901	----	-----
Época	2	2.90122469	1.45061235	4.21	0.0228
Módulo*época	4	0.87367160	0.21841790	0.63	0.6418
Época*profundidade	4	2.35385679	0.58846420	1.71	0.1698
Módulo*época*profundidade	8	3.38693580	0.42336698	1.23	0.3112
Erro de sub-sub-parcela	36	12.4103778	0.3447327	----	-----
Variação total	80	238.8373580			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.948038	15.16479	0.587139	3.871728		

ANEXO H

Valores médios para a variável estudada – matéria orgânica (%), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Matéria orgânica (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	7,52 ± 0,34	7,37 ± 0,34	7,53 ± 0,34
(5-10 cm]	4,58 ± 0,34	4,25 ± 0,34	3,83 ± 0,34
(10-20 cm]	3,20 ± 0,34	4,57 ± 0,34	2,87 ± 0,34

Módulo 2			
Profundidade	Matéria orgânica (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	4,73 ± 0,34	5,43 ± 0,34	5,50 ± 0,34
(5-10 cm]	3,65 ± 0,34	4,30 ± 0,34	3,50 ± 0,34
(10-20 cm]	3,18 ± 0,34	3,37 ± 0,34	2,68 ± 0,34

Módulo 3			
Profundidade	Matéria orgânica (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	2,63 ± 0,34	2,93 ± 0,34	2,73 ± 0,34
(5-10 cm]	2,65 ± 0,34	2,63 ± 0,34	2,18 ± 0,34
(10-20 cm]	2,47 ± 0,34	2,19 ± 0,34	2,05 ± 0,34

ANEXO I

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável alumínio ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	1.41209877	0.70604938	1.40	0.3468
Módulo	2	2.73283951	1.36641975	2.70	0.1810
Erro experimental	4	2.02308642	0.50577160	----	-----
Profundidade	2	0.02006173	0.01003086	0.44	0.6563
Módulo*profundidade	4	0.02679012	0.00669753	0.29	0.8780
Erro de sub-parcela	12	0.27592593	0.02299383	----	-----
Época	2	0.57802469	0.28901235	17.77	<.0001
Módulo*época	4	0.54938272	0.13734568	8.44	<.0001
Época*profundidade	4	0.00993827	0.00248457	0.15	0.9605
Módulo*época*profundidade	8	0.02376543	0.00297068	0.18	0.9919
Erro de sub-sub-parcela	36	0.58555556	0.01626543	----	-----
Variação total	80	8.23746914			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.928916	51.14067	0.127536	0.249383		

ANEXO J

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável cálcio ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	19.96518519	9.98259259	0.86	0.4875
Módulo	2	50.45574074	25.22787037	2.18	0.2284
Erro experimental	4	46.19074074	11.54768519	----	-----
Profundidade	2	4.94296296	2.47148148	13.61	0.0008
Módulo*profundidade	4	13.66240741	3.41560185	18.80	<.0001
Erro de sub-parcela	12	2.17962963	0.18163580	----	-----
Época	2	0.08685185	0.04342593	0.34	0.7155
Módulo*época	4	3.38185185	0.84546296	6.58	0.0004
Época*profundidade	4	0.68685185	0.17171296	1.34	0.2753
Módulo*época*profundidade	8	1.38166667	0.17270833	1.34	0.2541
Erro de sub-sub-parcela	36	4.62611111	0.1285031	----	-----
Variação total	80	147.5600000			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.968649	6.030391	0.358473	5.944444		

ANEXO K

Valores médios para a variável estudada – cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$7,00 \pm 0,21$	$5,77 \pm 0,21$	$5,97 \pm 0,21$
(5-10 cm]	$5,33 \pm 0,21$	$4,70 \pm 0,21$	$4,48 \pm 0,21$
(10-20 cm]	$4,35 \pm 0,21$	$4,42 \pm 0,21$	$4,08 \pm 0,21$

Módulo 2			
Profundidade	Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$5,28 \pm 0,21$	$5,73 \pm 0,21$	$6,12 \pm 0,21$
(5-10 cm]	$5,58 \pm 0,21$	$5,75 \pm 0,21$	$5,73 \pm 0,21$
(10-20 cm]	$5,55 \pm 0,21$	$5,92 \pm 0,21$	$5,65 \pm 0,21$

Módulo 3			
Profundidade	Cálcio ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$6,85 \pm 0,21$	$6,85 \pm 0,21$	$6,97 \pm 0,21$
(5-10 cm]	$6,85 \pm 0,21$	$7,12 \pm 0,21$	$7,15 \pm 0,21$
(10-20 cm]	$7,08 \pm 0,21$	$7,20 \pm 0,21$	$7,02 \pm 0,21$

ANEXO L

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável magnésio ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	0.46320988	0.23160494	0.52	0.6309
Módulo	2	25.39895062	12.69947531	28.41	0.0043
Erro experimental	4	1.78827160	0.44706790	----	-----
Profundidade	2	2.20191358	1.10095679	27.26	<.0001
Módulo*profundidade	4	2.48456790	0.62114198	15.38	0.0001
Erro de sub-parcela	12	0.48462963	0.04038580	----	-----
Época	2	0.19524691	0.09762346	2.92	0.0671
Módulo*época	4	0.42456790	0.10614198	3.17	0.0249
Época*profundidade	4	0.19049383	0.04762346	1.42	0.2465
Módulo*época*profundidade	8	0.26913580	0.03364198	1.00	0.4497
Erro de sub-sub-parcela	36	1.20555556	0.03348765	----	-----
Variação total	80	35.10654321			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.965660	8.582920	0.182996	2.132099		

ANEXO M

Valores médios para a variável estudada – magnésio ($\text{cmol}_c\text{.L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Magnésio ($\text{cmol}_c\text{.L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$2,63 \pm 0,11$	$2,08 \pm 0,11$	$2,28 \pm 0,11$
(5-10 cm)	$1,83 \pm 0,11$	$1,48 \pm 0,11$	$1,58 \pm 0,11$
(10-20 cm)	$1,45 \pm 0,11$	$1,48 \pm 0,11$	$1,40 \pm 0,11$
Módulo 2			
Profundidade	Magnésio ($\text{cmol}_c\text{.L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$1,72 \pm 0,11$	$1,85 \pm 0,11$	$2,08 \pm 0,11$
(5-10 cm)	$1,65 \pm 0,11$	$1,60 \pm 0,11$	$1,63 \pm 0,11$
(10-20 cm)	$1,47 \pm 0,11$	$1,52 \pm 0,11$	$1,53 \pm 0,11$
Módulo 3			
Profundidade	Magnésio ($\text{cmol}_c\text{.L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$2,87 \pm 0,11$	$2,72 \pm 0,11$	$3,02 \pm 0,11$
(5-10 cm)	$2,85 \pm 0,11$	$2,85 \pm 0,11$	$3,02 \pm 0,11$
(10-20 cm)	$2,98 \pm 0,11$	$2,98 \pm 0,11$	$3,00 \pm 0,11$

ANEXO N

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável acidez potencial – H + Al (cmol_c.L⁻¹), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	183.8270056	91.9135028	1.40	0.3454
Módulo	2	224.3975167	112.1987583	1.71	0.2902
Erro experimental	4	262.0229778	65.5057444	----	-----
Profundidade	2	1.02131296	0.51065648	0.22	0.8034
Módulo*profundidade	4	2.97638148	0.74409537	0.32	0.8560
Erro de sub-parcela	12	27.4864111	2.2905343	----	-----
Época	2	6.1218722	3.0609361	2.11	0.1366
Módulo*época	4	7.4224778	1.8556194	1.28	0.2974
Época*profundidade	4	5.6188593	1.4047148	0.97	0.4379
Módulo*época*profundidade	8	5.6002352	0.7000294	0.48	0.8612
Erro de sub-sub-parcela	36	52.3423889	1.4539552	----	-----
Varição total	80	778.8374389			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.932794	23.80827	1.205801	5.064630		

ANEXO O

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável soma de bases (cmol_c.L⁻¹), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	26.4437630	13.2218815	0.82	0.5045
Módulo	2	131.9001056	65.9500528	4.07	0.1086
Erro experimental	4	64.8365370	16.2091343	----	-----
Profundidade	2	18.06725185	9.03362593	21.08	0.0001
Módulo*profundidade	4	28.56772593	7.14193148	16.67	<.0001
Erro de sub-parcela	12	5.1416722	0.4284727	----	-----
Época	2	0.3533574	0.1766787	0.56	0.5761
Módulo*época	4	6.4321481	1.6080370	5.10	0.0023
Época*profundidade	4	1.7170130	0.4292532	1.36	0.2669
Módulo*época*profundidade	8	2.8789704	0.3598713	1.14	0.3609
Erro de sub-sub-parcela	36	11.3577778	0.3154938	----	-----
Varição total	80	297.6963222			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.961848	6.702873	0.561688	8.379815		

ANEXO P

Valores médios para a variável estudada – soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$10,14 \pm 0,32$	$8,35 \pm 0,32$	$8,80 \pm 0,32$
(5-10 cm)	$7,57 \pm 0,32$	$6,53 \pm 0,32$	$6,45 \pm 0,32$
(10-20 cm)	$6,13 \pm 0,32$	$6,24 \pm 0,32$	$5,77 \pm 0,32$
Módulo 2			
Profundidade	Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$7,30 \pm 0,32$	$7,91 \pm 0,32$	$8,58 \pm 0,32$
(5-10 cm)	$7,47 \pm 0,32$	$7,56 \pm 0,32$	$7,62 \pm 0,32$
(10-20 cm)	$7,22 \pm 0,32$	$7,61 \pm 0,32$	$7,40 \pm 0,32$
Módulo 3			
Profundidade	Soma de bases ($\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	$9,99 \pm 0,32$	$9,85 \pm 0,32$	$10,34 \pm 0,32$
(5-10 cm)	$9,92 \pm 0,32$	$10,19 \pm 0,32$	$10,41 \pm 0,32$
(10-20 cm)	$10,29 \pm 0,32$	$10,37 \pm 0,32$	$10,24 \pm 0,32$

ANEXO Q

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	71.29876358	35.64938179	1.05	0.4295
Módulo	2	12.99572284	6.49786142	0.19	0.8327
Erro experimental	4	135.5883753	33.8970938	----	-----
Profundidade	2	10.67594877	5.33797438	4.66	0.0317
Módulo*profundidade	4	36.23132901	9.05783225	7.91	0.0023
Erro de sub-parcela	12	13.7356333	1.1446361	----	-----
Época	2	8.8045951	4.4022975	2.57	0.0902
Módulo*época	4	7.6710605	1.9177651	1.12	0.3619
Época*profundidade	4	7.3008068	1.8252017	1.07	0.3871
Módulo*época*profundidade	8	12.2915099	1.5364387	0.90	0.5283
Erro de sub-sub-parcela	36	61.5855944	1.7107110	----	-----
Varição total	80	378.1793395			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.837152	9.728714	1.307941	13.44414		

ANEXO R

Valores médios para a variável estudada – capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	17,86 ± 0,76	13,93 ± 0,76	14,58 ± 0,76
(5-10 cm]	13,29 ± 0,76	12,93 ± 0,76	12,69 ± 0,76
(10-20 cm]	12,26 ± 0,76	12,80 ± 0,76	12,35 ± 0,76
Módulo 2			
Profundidade	Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	14,36 ± 0,76	13,03 ± 0,76	13,42 ± 0,76
(5-10 cm]	14,66 ± 0,76	13,72 ± 0,76	13,40 ± 0,76
(10-20 cm]	14,45 ± 0,76	13,37 ± 0,76	13,89 ± 0,76
Módulo 3			
Profundidade	Capacidade de troca de cátions ($\text{cmol}_c\text{L}^{-1}$)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	12,66 ± 0,76	12,56 ± 0,76	13,14 ± 0,76
(5-10 cm]	12,57 ± 0,76	12,90 ± 0,76	13,23 ± 0,76
(10-20 cm]	13,00 ± 0,76	13,00 ± 0,76	12,91 ± 0,76

ANEXO S

Causas de variações, soma de quadrados, quadrado médio, teste F, probabilidade, coeficiente de determinação, coeficiente de variação, desvio padrão e média geral, para a variável saturação de bases (%), Camboriú, jan a dez/2004.

Causas de variações	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	Pr > F
Piquete	2	4910.529339	2455.264669	1.86	0.2684
Módulo	2	9879.796867	4939.898433	3.74	0.1212
Erro experimental	4	5278.033756	1319.508439	----	-----
Profundidade	2	257.8749574	128.9374787	3.23	0.0756
Módulo*profundidade	4	320.6500259	80.1625065	2.01	0.1577
Erro de sub-parcela	12	479.490306	39.957525	----	-----
Época	2	14.262941	7.131470	0.49	0.6161
Módulo*época	4	150.032954	37.508238	2.58	0.0535
Época*profundidade	4	47.086419	11.771605	0.81	0.5268
Módulo*época*profundidade	8	37.384837	4.673105	0.32	0.9524
Erro de sub-sub-parcela	36	522.94405	14.52622	----	-----
Variação total	80	21898.08645			
Coef. Determinação	Coef. Variação	Desvio padrão residual	Média geral		
0.976119	5.968204	3.811328	63.86056		

ANEXO T

Valores médios para a variável estudada – saturação de bases (%), para a interação entre os fatores módulo, época de coleta e profundidade, Camboriú, jan a out/2004.

Módulo 1			
Profundidade	Saturação de bases (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	58,24 ± 2,20	59,31 ± 2,20	59,82 ± 2,20
(5-10 cm]	55,93 ± 2,20	50,51 ± 2,20	50,60 ± 2,20
(10-20 cm]	49,87 ± 2,20	48,71 ± 2,20	46,77 ± 2,20
Módulo 2			
Profundidade	Saturação de bases (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	56,44 ± 2,20	61,98 ± 2,20	64,76 ± 2,20
(5-10 cm]	55,54 ± 2,20	57,07 ± 2,20	60,74 ± 2,20
(10-20 cm]	56,55 ± 2,20	60,00 ± 2,20	59,42 ± 2,20
Módulo 3			
Profundidade	Saturação de bases (%)		
	1 coleta (jan.)	2 coleta (jun.)	3 coleta (out.)
[0-5 cm]	79,16 ± 2,20	78,41 ± 2,20	78,84 ± 2,20
(5-10 cm]	79,19 ± 2,20	79,18 ± 2,20	78,93 ± 2,20
(10-20 cm]	79,11 ± 2,20	79,73 ± 2,20	79,40 ± 2,20

ANEXO U

Inventário, custos de produção e indicadores produtivos.

INVENTÁRIO – 2003 e 2004

No inventário, os valores dos maquinários, implementos, cercas, edificações e outros, foram orçados pelo mercado, como valores de compra ou construções novas, de acordo com suas caracterizações específicas, sendo retirado as depreciações lineares anuais, de acordo com o número de anos utilizados.

Na Tabela 30, constam os capitais de giro, animais, terra, construções e máquinas, bem como, as categorias em cabeças e unidades animais (UAS) que compunham o rebanho do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004.

Tabela 30. Capital em animais, terra, construções, giro e máquinas, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Ano	2003				2004			
	Inventário inicial		Inventário final		Inventário inicial		Inventário final	
Categorias	Cab.	UAS	Cab.	UAS	Cab.	UAS	Cab.	UAS
Vacas + 450 kg	26,00	34,08	19,00	24,75	19,00	23,70	16,00	20,28
Vaca	6,00	5,13	5,00	4,28	5,00	4,08	5,00	4,08
Novilha + 2 anos	0,00	0,00	6,00	5,33	6,00	5,33	15,00	13,33
Novilha 1 a 2 anos	8,00	6,13	14,00	11,02	14,00	10,89	5,00	3,89
Terneira	14,00	5,57	6,00	1,94	6,00	1,94	10,00	3,33
Total de bovinos	54,00	50,92	50,00	49,05	50,00	45,95	51,00	44,92
Capital em animais	R\$ 59.238,15				R\$ 54.248,21			
Capital em terra	R\$ 30.000,00				R\$ 30.082,18			
Capital construções	R\$ 26.369,70				R\$ 34.842,43			
Capital de giro	R\$ 9.148,67				R\$ 7.114,72			
Capital em máq.	R\$ 9.050,45				R\$ 10.510,62			

Obs:UA = 450 kg

CUSTOS VARIÁVEIS

São os recursos que foram gastos durante o ciclo de produção.

Na Tabela 31, constam os custos variáveis para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004. Observa-se no decorrer dos anos de 2003 e 2004, um total dos custos variáveis de R\$ 45.465,49 e R\$ 34.953,35, sendo que os custos com abastecimento representaram 79% e 73%, dos custos variáveis totais, respectivamente.

Dentro da rubrica dos custos variáveis, nos anos de 2003 e 2004, o montante gasto com alimentos, representa 65% e 58%, e os gastos com mão de obra permanente, 17% e 22%, respectivamente.

Tabela 31. Custos variáveis para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Especificação dos custos	Custos variáveis (R\$)	
	-2003-	-2004-
Agrotóxicos	184,45	186,70
Sementes / mudas	1.046,70	810,70
Sanidade animal	2.263,25	1.868,98
Alimentos	29.631,21	20.500,59
Inseminação	915,00	900,00
Outros insumos	1.696,16	1.236,92
Total custos abastecimento	35.736,77	25.503,89
Custos com máquinas	619,61	80,00
Água, gás e eletricidade	756,00	756,00
Combustíveis e lubrificantes	-	1,77
Serviços contratados	-	41,93
Total custos máquinas	1.375,61	879,70
Reparos, conserv. construções	189,00	479,46
Total custos construções	189,00	479,46
Mão de obra ocasional	104,98	-
Mão de obra permanente	7.800,00	7.800,00
Total custos pessoal	7.904,98	7.800,00
Custos gerais	259,13	290,30
Total custos gerais	259,13	290,30
Total dos custos variáveis	45.465,49	34.953,35

CUSTOS CALCULADOS

Os custos calculados representam o retorno, que o capital imobilizado geraria em outros investimentos. Para este custo, foi utilizada uma taxa de remuneração de capital investido de 6% ao ano.

Na Tabela 32, constam os custos calculados para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004.

Tabela 32. Custos calculados para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Especificação dos custos	Custos calculados (R\$)	Custos calculados (R\$)
	-2003-	-2004-
Máquinas	544,51	628,91
Construções	1.586,50	2.084,83
Terra	1.800,00	1.800,00
Circulante	4.114,42	3.671,72
Total custos calculados	8.045,43	8.185,47

CUSTOS FIXOS

Os custos fixos são compostos, basicamente, pela contabilização dos investimentos ou bens de produção no cálculo de custo. Os custos fixos são representados pelos recursos que não são consumidos totalmente ao longo de um ciclo de produção (NOGUEIRA, 2004, p. 88).

Na Tabela 33, constam os custos fixos para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004. Observa-se que os custos fixos com máquinas e construções aumentaram no ano de 2004, quando comparado ao ano de 2003, em virtude da implantação do projeto. Porém os custos fixos anuais não foram muito diferentes, em função da redução dos juros calculados sobre o capital circulante.

Considerando R\$ 0,43 e R\$ 0,44, os preços médios recebidos pelos produtores por litro de leite entregue a indústria nos anos de 2003 e 2004, verifica-se a necessidade da produção de 24.198 e 23.733 litros de leite, para cobrir os custos fixos, respectivamente. Essas quantidades representam 25% e 33% do total de litros de leite produzidos nos anos de 2003 e 2004.

Tabela 33. Custos fixos para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Especificação dos custos	Custo total (R\$)	Custo total (R\$)
	-2003-	-2004-
Depreciação máquinas	791,73	885,10
Juros calculados máquinas	544,51	628,91
Total custos com máquinas	1.336,24	1.514,02
Depreciação construções	1.567,95	1.371,83
Juros calculados construções	1.586,50	2.084,83
Total custos com construções	3.154,46	3.456,66
Juros calculados terra	1.800,00	1.800,00
Total custos com terra	1.800,00	1.800,00
Juros calculados capital circ.	4.114,42	3.671,72
Total de custos gerais	4.114,42	3.671,72
Total dos custos fixos	10.405,12	10.442,40

CUSTOS REAIS

Fazem parte dos custos reais, os custos variáveis mais a depreciação.

Na Tabela 34, constam os custos reais para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004.

Tabela 34. Custos reais para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Especificação dos custos	Custos reais (R\$)	
	-2003-	-2004-
Agrotóxicos	184,45	186,70
Sementes / mudas	1.046,70	810,70
Sanidade animal	2.263,25	1.868,98
Alimentos	29.631,21	20.500,59
Inseminação	915,00	900,00
Outros insumos	1.696,16	1.236,92
Total custos abastecimento	35.736,77	25.503,89
Custos com máquinas	619,61	80,00
Depreciação máquinas	791,73	885,10
Água, gás e eletricidade	756,00	756,00
Combustíveis e lubrificantes	-	1,77
Serviços contratados	-	41,93
Total custos máquinas	2.167,34	1.764,80
Depreciação construções	1.567,95	1.371,83
Reparos, conserv. construções	189,00	479,46
Total custos construções	1.756,95	1.851,29
Mão de obra ocasional	104,98	-
Mão de obra permanente	7.800,00	7.800,00
Total custos pessoal	7.904,98	7.800,00
Custos gerais	259,13	290,30
Total custos gerais	259,13	290,30
Total dos custos variáveis	47.825,18	37.210,28

RENDA BRUTA

Compõem a renda bruta todas as receitas provenientes da venda do leite e animais.

Sendo que, a renda bruta para as categorias de animais é obtida pela diferença entre extrato

inicial e final do inventário, mais as receitas provenientes da venda dos animais e seus produtos.

Na Tabela 35, constam a renda bruta para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004.

Tabela 35. Renda bruta para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Ano de 2003				
Produto	Vendas (R\$)	Ext. final (R\$)	Ext. inicial (R\$)	Renda bruta(R\$)
Leite	41.788,53			41.788,53
Vaca + 450 kg	7.941,00	28.500,00	39.000,00	-2.559,00
Vaca	585,00	6.000,00	7.200,00	-615,00
Novilhas + 2 anos	577,50	6.000,00	1.000,00	5.577,50
Novilhas 1-2 anos	519,00	11.060,00	6.320,00	5.259,00
Terneira	-	2.520,00	5.880,00	-3.360,00
Terneiro	602,00	-	-	602,00
Total	52.013,03	54.080,00	59.400,00	46.693,03
Ano de 2004				
Produto	Vendas (R\$)	Ext. Final (R\$)	Ext. Inicial (R\$)	Renda Bruta(R\$)
Leite	31.909,53	-	-	31.909,53
Vaca + 450 kg	837,00	24.000,00	28.500,00	-3.663,00
Vaca	770,40	6.000,00	6.000,00	770,00
Novilhas + 2 anos	-	15.000,00	6.000,00	9.000,00
Novilhas 1-2 anos	531,00	3.964,00	11.100,00	-6.605,00
Terneira	-	4.200,00	2.500,00	1.700,00
Terneiro	480,00	-	-	480,00
Total	34.527,93	53.164,00	54.100,00	33.591,93

RESULTADOS FINAIS

Na Tabela 36, constam os resultados finais para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004. É importante salientar que os resultados de 2003 contam, com uma receita proveniente do desfrute⁶ de 27,91%, enquanto que em 2004 esse desfrute foi de somente 5,37% (Tabela 38).

Tabela 36. Resultados finais para o setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Especificação	Resultados finais (R\$) -2003-	Resultados finais (R\$) -2004-
Renda bruta total	46.693,03	33.591,93
(-) Custos reais	47.825,18	37.210,28
(=) Renda da operação agrícola	- 1.132,15	- 3.618,35
(-) Custos calculados	8.045,43	8.185,47
(=) Lucro/prejuízo	- 9.177,58	- 11.803,82

Verifica-se através dos resultados da análise efetuada, uma realidade econômica desconfortável nos anos de 2003 e 2004, para o setor de bovinocultura leiteira do Colégio Agrícola de Camboriú. No entanto, acredita-se que este resultado, não seja exclusividade deste Colégio. E sim, da maior parte das propriedades rurais que, como este estabelecimento, se dedica a atividade leiteira com alta dependência de alimento concentrado. Em trabalho realizado por Dartora (2004, p. 27), se observa que de 15 propriedades que se dedicam à produção de leite, apenas quatro, possuem renda líquida positiva. Essas quatro propriedades apresentam sistemas pastoris de produção, classificado pelo autor, como um sistema em que, os animais recebem menos de 20% do alimento no cocho.

Com a implantação do PRV, buscou-se diminuir a dependência de recursos externos a propriedade. Como a compra de alimento concentrado (rações) é o recurso externo que mais onera o custo de produção do leite, o primeiro objetivo após a implantação foi buscar reduzir a dependência desse insumo. A mudança na raça é um dos pilares de suporte a essa redução,

⁶ Nomenclatura utilizada pela EPAGRI, no programa Contagri.

estamos dando preferência a animais mestiços, mais adaptados ao pastoreio, com sangue das raças Holandês x Jersey e Holandês x Gir. Espera-se que no quinto ano da implantação do projeto de PRV, com a estabilização do rebanho com 42 vacas em lactação, praticamente não dependa, ou necessite pouco desse insumo, somente para os animais mais produtivos.

No ano de 2003, dos R\$ 29.631,21 gastos com alimentos, R\$ 28.987,71 foram gastos com rações, sendo, 37.700 kg de ração bovinos lactação (R\$ 19.457,46), 10.125 kg de ração vaca seca (R\$ 4.290,90) e 9.625 kg de ração para bezerras (R\$ 5.239,35).

No ano de 2004, dos R\$ 20.500,59 gastos com alimentos, R\$ 19.578,99 foram gastos com rações, sendo, 25.780 kg de ração bovinos lactação (R\$ 13.610,27), 6.680 kg de ração vaca seca (R\$ 2.900,12) e, 5.655 kg de ração para bezerras (R\$ 3.068,60).

Houve uma diminuição de R\$ 9.408,72 (32%), na compra de ração do ano de 2003 para 2004, para um rebanho praticamente idêntico, 45,64 UA e 45,88 UA, respectivamente, (Tabela 39).

O custo com alimento por vaca passou de R\$ 1.158,22 no ano de 2003, para R\$ 904,44 em 2004, uma redução de R\$ 253,78 por vaca (- 22%), (Tabela 38).

Houve redução em 23% nos custos variáveis do ano de 2003 para 2004, porém, essa redução não foi suficiente para modificar a situação do prejuízo no setor. Em virtude de que, outros fatores, além dos custos variáveis, fixos e calculados, interferem diretamente no custo de produção, como é o caso da escala de produção. Extrapolando os dados da Tabela 38, verifica-se a necessidade de pelo menos 21 vacas em lactação para igualar as receitas com os custos totais no ano de 2004, considerando a mesma taxa de desfrute de 5,37%, e que este aumento no número de vacas não resultasse em aumento nos custos variáveis.

Na Tabela 37, constam os dados mensais de vacas em lactação, produção total de leite e as respectivas médias por vaca em lactação. Verifica-se no ano de 2003, uma média de 20,3 vacas em lactação com uma produção de 98.143,0 L de leite, com uma média de 13,3

L/dia, por vaca em lactação. No ano de 2004, tem-se média de 14,9 vacas em lactação, com uma produção de 72.020,0 litros de leite, com média de 13,3 L/dia por vaca em lactação. Sendo importante frisar que, a produtividade foi idêntica e que a menor produção obtida, no ano de 2004, ocorreu em detrimento da redução do número de vacas em lactação (questões sanitárias e de manejo), e não em função da implantação do Pastoreio Racional Voisin.

Tabela 37. Dados mensais de vacas em lactação e produção de leite com as respectivas médias por vaca em lactação, setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, 2003 e 2004.

Mês	Vacas em lactação		Litros de leite		Média em litros por vaca	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Janeiro	22	15	8.398,0	6.453,0	12,3	13,9
Fevereiro	20	14	6.663,0	5.329,0	11,9	13,6
Março	21	14	8.113,0	6.212,0	12,5	14,3
Abril	21	15	7.361,0	5.591,0	11,7	12,4
Maiο	21	17	8.485,0	6.202,0	13,0	11,8
Junho	21	13	8.228,0	4.902,0	13,1	12,6
Julho	20	15	8.527,0	5.552,0	13,8	11,9
Agosto	21	15	9.012,0	6.058,0	13,8	13,0
Setembro	21	16	8.158,0	6.215,0	12,9	12,9
Outubro	20	17	8.861,0	6.926,0	14,3	13,1
Novembro	18	17	8.123,0	7.210,0	15,0	14,1
Dezembro	18	11	8.214,0	5.370,0	14,7	15,7
Total			98.143,0	72.020,0		
Média	20,3	14,9	8.178,6	6.001,7	13,3	13,3

ÍNDICES TÉCNICOS

Na Tabela 38, constam os principais índices considerados para a bovinocultura leiteira do Colégio Agrícola de Camboriú, anos de 2003 e 2004.

Tabela 38. Índices técnicos da bovinocultura leiteira do Colégio Agrícola de Camboriú, Camboriú, 2003 e 2004.

Item	Ano 2003	Ano 2004
Efetivo médio (UA)	45,64	45,88
Efetivo médio vacas (cabeças)	25,58	22,67
Preço de venda por litro de leite (R\$)	0,426	0,443
Leite total produzido (litros)	98.143	72.020
Leite por vaca	3.836,21	3.177,35
Custos com alimento por vaca	1.158,22	904,44
Custos com alimento por litro de leite	0,302	0,285
Custos com sanidade por litro de leite	0,023	0,026
Custos com sanidade preventiva por litro de leite	0,013	0,008
Custos com sanidade curativa por litro de leite	0,010	0,017
Custo médio por kg de ração	0,51	0,53
Terneiros nascidos por vaca	0,66	0,88
Renda bruta total por vaca	1.825,00	1.482,00
Custos variáveis por vaca	1.777,15	1.542,06
Margem bruta por vaca	47,98	-60,06
UA vacas por UA total	0,65	0,55
Desfrute (%)	27,91	5,37

BALANÇO

Na Tabela 39, constam o balanço patrimonial, para o setor de bovinocultura leiteira, do Colégio Agrícola de Camboriú, início e final dos anos de 2003 e 2004.

Tabela 39. Balanço patrimonial, setor de bovinocultura leiteira, Colégio Agrícola de Camboriú, início e final de 2003 e 2004.

Item	2003 – (R\$)		2004 – (R\$)	
	Início do ano	Final do ano	Início do ano	Final do ano
Ativo				
Circulante				
Estoque de animais	59.400,00	54.080,00	54.100,00	53.164,00
Total circulante	59.400,00	54.080,00	54.100,00	53.164,00
Realizável a médio prazo				
Maquinas e equipamentos	14.591,00	14.591,00	16.790,00	16.790,00
(-) Depreciação acumulada	5.515,83	6.307,56	6.308,09	7.193,19
Total realizável a médio prazo	9.075,17	8.283,44	10.481,91	9.596,81
Ativos fixos				
Terra	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Construções e benfeitorias	84.741,00	84.741,00	88.876,65	88.876,65
(-) Depreciação acumulada	58.299,25	59.867,21	54.129,42	55.501,25
Total a longo prazo	56.441,75	54.873,79	64.747,23	63.375,40
Total do ativo	124.916,92	117.237,23	129.329,14	126.136,21
Passivo				
Patrimônio inicial	124.916,92		129.329,14	
(+) Renda da operação agrícola	- 1.132,15		- 3.618,35	
(-) Retiradas particulares	6.547,54 (fluxo de caixa)		- 425,42 (fluxo de caixa)	
Patrimônio líquido	124.916,92	117.237,23	129.329,14	126.136,21
Total do passivo	124.916,92	117.237,23	129.329,14	126.136,21

No ano de 2003, se verifica um dos principais erros cometidos na gestão dos empreendimentos agrícolas. No fluxo de caixa para o mesmo ano, (Anexo V), mês de

dezembro, se encontra um saldo positivo de R\$ 6.547,54 porém, uma descapitalização de R\$ 7.639,69 (Tabela 39), na mesma época. Demonstrando que, propriedades que consideram somente a relação entre as saídas e entradas de recursos, incorrem no erro gerador de um colapso do empreendimento.

De acordo com os dados econômicos apresentados nos anos de 2003 e 2004, tornam-se necessárias decisões gerenciais e de âmbito técnico, que permitam reverter o atual quadro, pois do contrário, qualquer estabelecimento agropecuário, permanecendo nessas condições por períodos prolongados, consumiriam suas reservas, se descapitalizariam e, por fim, encerrariam a atividade.

Para o setor de bovinocultura leiteira do Colégio Agrícola de Camboriú, esse primeiro passo foi dado com a implantação do projeto de produção de leite à base de pasto, utilizando a tecnologia do Pastoreio Racional Voisin e o cabedal de informações que o sustentam. No entanto, maiores considerações só poderão ser formuladas com o passar do tempo, com a estabilização do rebanho.