

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

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM PASTAGENS
ATRAVÉS DE MÉTODO PARTICIPATIVO**

CARLA CRISTINA SOLDÁ

Florianópolis
2012

CARLA CRISTINA SOLDÁ

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM PASTAGENS
ATRAVÉS DE MÉTODO PARTICIPATIVO**

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. Jucinei José Comin

Florianópolis
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Soldá, Carla Cristina

Avaliação da Sustentabilidade em Pastagens Através de
Método Participativo [dissertação] / Carla Cristina Soldá ;
orientador, Jucinei José Comin - Florianópolis, SC, 2012.
75 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Indicadores. 3. Qualidade do
Solo. 4. Pastoreio Racional Voisin. I. Comin, Jucinei
José. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

CARLA CRISTINA SOLDÁ

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM PASTAGENS ATRAVÉS DE MÉTODO PARTICIPATIVO

Dissertação aprovada em 27/09/2012, 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.

Coordenador do PGA: Profº Dr. Clarilton E. D. Cardoso Ribas

BANCA EXAMINADORA:

Profº Dr. Jucinei José Comin
Membro e presidente (UFSC)

Profº Dr. Gustavo Brunetto
Membro (UFSC)

Profº Dr. Luiz C. P. Machado Filho
Membro (UFSC)

Profº Dr. Ilyas Siddique
Membro (UFSC)

Florianópolis
2012

Dedico este trabalho à minha mãe Ana Maria e ao meu pai Carlinhos, que são a base da minha estrutura e ao meu irmão Natan Marcos, pelo carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Jucinei José Comin, orientador, pelo incentivo e colaboração para o desenvolvimento deste trabalho e pelo apoio e troca de conhecimentos.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade que me concedeu para realização deste curso de Mestrado no Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Ao edital MDA/INCRA/CNPq – PRONERA N° 04/2009, pela concessão de recurso para realização deste curso de Mestrado no Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Aos professores do Programa no Pós-Graduação em Agroecossistemas pelo aprendizado.

À Cooperativa dos Trabalhadores na Agricultura Familiar, pela parceria firmada para a execução deste projeto.

Ao auxílio imprescindível dos técnicos e membros da cooperativa, Anderson Hunhoff, Vilceo Sehnem e Antônio Schnorr, pela facilitação no contato com os agricultores e pela colaboração nas coletas de dados.

As famílias agriculturas, Zita e Pedro Johan, Rosane e Ancelmo Kreuz, Madalena e Luis Paulus e Cecília e Neri Schabarum pela receptividade, disposição e atenção durante as visitas e condução do trabalho.

À Universidade do Oeste de Santa Catarina, pela concessão do laboratório de solos para as análises Físicas.

À funcionária do Laboratório de solos Solange Cembrani pela colaboração prestada na execução das análises físicas do solo.

À Professora M.Sc. Keli Cristina Fabiane e o M.Sc. Diogo Feistauer pelo auxílio nos tratamentos estatísticos.

Aos colegas de curso pelas discussões e convívios, que tornaram nossos dias mais felizes.

Em especial aos amigos e colegas Adenor Vicente Wendling e Edilza Frison, pela amizade, companheirismo e ajuda prestada no decorrer do trabalho.

Aos meus pais *Ana Maria e Carlinhos* pela compreensão e por me ensinarem a verdadeira educação.

Ao meu irmão *Natan Marcos* pelo apoio.

Mas vocês, estudantes de todo o mundo, jamais se esqueçam de que por trás de cada técnica há alguém que a empunha e que esse alguém é uma sociedade e que se está a favor ou contra essa sociedade[...]E que a técnica é uma arma e que quem sinta que o mundo não é tão perfeito quanto deveria ser deve lutar para que a arma da técnica seja posta a serviço da sociedade, e antes, por isso, resgatar a sociedade, para que toda a técnica sirva à maior quantidade possível de seres humanos, e para que possamos construir a sociedade do futuro - qualquer que seja seu nome [...]. Ernesto Guevara de la Serna.

RESUMO

Os sistemas de produção agroecológicos são um meio para a manutenção e conservação da qualidade do solo, pois ajudam a preservar os recursos naturais e ao mesmo tempo produzem alimentos. Para ajudar a manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, metodologias com caráter participativo têm sido usadas para avaliar a sustentabilidade, seja de forma comparativa ou relativa, quer por comparação com a evolução de um sistema ao longo do tempo, quer por comparação de agroecossistemas com diferentes gestões e/ou estados de transição. O trabalho foi desenvolvido nos municípios de Saudades e Pinhalzinho, região Oeste de Santa Catarina, entre as safras de inverno e verão de 2011, para avaliar a sustentabilidade de dois Sistemas com Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) em comparação com dois Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC). Utilizaram-se indicadores construídos com o conhecimento local para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade das pastagens atribuindo-se valores aos atributos relacionados à qualidade do solo. Também foram realizadas análises químicas do solo para avaliação da fertilidade do solo e físicas do solo (densidade e porosidade do solo). Quando todos os indicadores foram considerados em conjunto, o SP PRV apresentou médias superiores ao SPC. Na análise dos indicadores de forma isolada, o SP PRV apresentou médias superiores para estados dos resíduos orgânicos, e cor, odor e teor de matéria orgânica em relação ao SPC. Com a análise de agrupamento foi possível separar dos sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno, demonstrando que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados em cada sistema. Para as análises químicas do solo o SP PRV apresentou valores médios para o pH, matéria orgânica e valores muito alto para Potássio, Cálcio e Magnésio. Já o SPC apresentou valores alto apenas para Potássio, Cálcio e Magnésio. Para as análises físicas de densidade e porosidade do solo foram identificadas diferenças significativas na profundidade de 10 a 15cm, onde os sistemas sob SP PRV apresentaram menor valor de densidade e maior valor de porosidade em relação a um dos sistemas sob SPC. A metodologia se mostrou adequada para as avaliações da qualidade do solo dos sistemas de pastagens, proporcionando aos agricultores a compreensão dos processos agroecológicos que permeiam a boa performance de pastagens manejadas adequadamente, como o caso do PRV, e a buscarem a

adoção de sistemas que melhorem a qualidade solo e que atinjam posteriormente a sustentabilidade nas unidades produtivas.

Palavras chave: Indicadores. Qualidade do solo. Pastoreio Racional Voisin.

ABSTRACT

The agroecological production systems are means of maintaining and preserving the soil quality, because they help to preserve the natural resources while producing food. To help maintaining the sustainability of agricultural systems, participatory methodologies have been used to evaluate the sustainability, either with a comparative form or with a relative one, either by comparing the evolution of a system throughout the time, or by comparison of the agroecosystems with different management and/or transition states. The study was developed in Saudades and Pinhalzinho, in the west of Santa Catarina, between the winter and summer harvest of 2011 to evaluate the sustainability of two systems with managed pastures through the Voisin's Rational Grazing (SP VRG) compared to two pastures systems managed conventionally (PSC). We used indicators constructed with the local knowledge to evaluate the soil quality and the sustainability of pastures assigning values to the attributes related to the soil quality. Chemical analyzes were also made to evaluate the soil fertility and the physical characteristics of the soil (density and soil porosity). When all indicators were considered together, the SP VRG presented higher average to the PSC. In the analysis of the indicators in isolation, the SP VRG showed higher average for the states of organic waste, color, odor and the content of the organic matter relating to PSC. With an analysis of grouping was possible to separate from the systems SP and SPC PRV, both in summer as in winter, showing that the evaluators had similar sensitivity when considering the attributes evaluated in each system. For the chemical analyzes of soil the SP PRV showed medium values for pH, organic matter and very high values for potassium, calcium and magnesium. On the other hand, the SPC showed high values only for potassium, calcium and magnesium. For the physical analyzes of density and porosity of the soil we identified significantly differences in depth of 10 to 15 centimeter, where the systems under the SP VRG showed a lower density value and a higher porosity value in relation to one of the systems under the PSC. The methodology was adequate for the evaluation of the soil quality of the pasture systems, providing farmers the understanding of the agroecological processes that permeate the good performance of the managed pastures properly, as the case of the VRG, and to seek to adopt systems that improve the soil quality and achieve the sustainability in the productive units later.

Keywords: Indicators. Soil Quality. Voisin's Rational Grazing.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
LISTA DE ANEXOS	17
1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 PARTICIPAÇÃO NOS PROCESSOS	21
2.2 SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA	24
2.3 QUALIDADE DO SOLO E INDICADORES	26
2.3.1 Indicadores de Qualidade do Solo	27
2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGRICULTORES PARTICIPANTES DA PESQUISA E DO LOCAL	36
3.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS PASTAGENS SEGUNDO OS INDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO	39
3.3 PREPARAÇÃO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SOLO .	40
3.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores atribuídos para os indicadores de sustentabilidade avaliados em duas épocas (inverno e verão) nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).....	43
Tabela 02 – Lista de espécies encontradas no SP PRV 1.....	44
Tabela 03 – Lista de espécies encontradas no SP PRV 2.....	44
Tabela 04 – Lista de espécies encontradas no SPC 1.....	45
Tabela 05 – Lista de espécies encontradas no SPC 2.....	45
Tabela 06 – Atributos químicos dos Solos sob Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).....	54
Tabela 07 – Densidade e Porosidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Dendograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de verão.....	49
Figura 02 – Dendograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de inverno.....	50
Figura 03 – Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC), no período de inverno.....	51
Figura 04 – Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC), no período de verão.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
°C	Graus centígrados
Ca	Cálcio
Cfa	Clima temperado úmido com Verão quente
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
cmolc dm ⁻²	Centimolc por decímetro quadrado
COOTRAF	Cooperativa dos Trabalhadores na Agricultura Familiar
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
F	Ferro
g	Gramas
g cm ⁻¹	Grama por centímetro
g cm ⁻³	Grama por centímetro cúbico
ha	Hectare
K	Potássio
Kg dm ⁻³	Quilograma por decímetro cúbico
Kg m ⁻²	Quilograma por metro quadrado
Kg m ⁻³	Quilograma por metro cúbico
m ²	Metro quadrado
Mg	Magnésio
Mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
Mg m ⁻³	Miligrama por metro cúbico
Mg ha ⁻¹	Miligrama por hectare
MIAQS	Método Integrativo de Avaliação da Qualidade do Solo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
m ³ m ⁻³	Metro cúbico por metro cúbico
Mn	Manganês
M.O.	Teor de Matéria Orgânica
P	Fósforo
pH	Potencial de Hidrogênio
PRV	Pastoreio Racional Voisin

Rolas	Laboratório de Análise de Solos, Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solos e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC-EPAGRI
SINTRAF	Sindicato de Trabalhadores Rurais da Agricultura Familiar
SMP	Shoemaker, Mac Lean e Pratt
SPC	Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional
SP PRV	Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin
t	Toneladas
Zn	Zinco

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Distribuição da produção de leite de Santa Catarina em 2010.....	70
ANEXO B – Indicadores de qualidade do solo, características e valores correspondentes.....	71
ANEXO C – Entrevista com os agricultores Associados da Cooperativa do Trabalhadores da Agricultura Familiar-COOTRAF	72
ANEXO D – Análise de variância dos indicadores de inverno no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.....	74
ANEXO E – Análise de variância dos indicadores de inverno no SPC. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.....	74
ANEXO F – Análise de variância dos indicadores de verão no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.....	74
ANEXO G – Análise de variância dos indicadores de inverno no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.....	75
ANEXO H – Análise de variância da Densidade do solo. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.	75
ANEXO I – Análise de variância da Porosidade do solo. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.	75

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

A produção de leite em Santa Catarina se encontra em 5º lugar no ranking nacional, sendo responsável por 7,7% da produção, e continua ganhando espaço. Segundo dados preliminares do IBGE (2010), a produção leiteira alcançou 2,38 bilhões de litros, representando aproximadamente 6,4% acima da produção de 2009. Neste mesmo ano, o volume captado pelas indústrias catarinenses com inspeção federal, estadual ou municipal alcançou, aproximadamente, 1,58 bilhões de litros de leite, apresentando um crescimento de 13,7% em relação ao volume captado no ano anterior, perfazendo a geração de 1,56 bilhões de reais (EPAGRI/CEPA, 2011).

Neste contexto, a região Oeste de Santa Catarina, onde a atividade pecuária é desenvolvida por 51.614 famílias (IBGE, 2006), contribuiu em 2010 com 1,7 bilhões de litros de leite, correspondendo a 73,2% da produção do estado de Santa Catarina (Anexo A), perfazendo um total de valor bruto de produção de 1,1 bilhão de reais (IBGE, 2010).

Apesar da importância da atividade leiteira, o manejo incorreto das pastagens e do solo é um dos principais entraves para se atingir a sustentabilidade da atividade nas propriedades rurais. De forma geral, o preparo do solo causa alterações nos atributos físicos do solo, degradando a qualidade do solo, com aumento da densidade, redução da porosidade e penetração das raízes (PIGNATTARO NETTO, 2009). O preparo convencional do solo com intenso revolvimento promove impactos negativos como erosão, redução dos teores de matéria orgânica e nutrientes, compactação, perda da camada superficial do solo, e o elevado custo de preparo do solo, além dos problemas de ordem ambiental, este sistema também se tornou pouco eficiente economicamente (VENTURI et al., 2009).

Ademais, quando se utilizam métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos, pode ser estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de perda da produtividade das culturas (CARDOSO et al., 2011). Santos et al. (2009) comparando áreas com capim quicúio (*Pennisetum clandestinum*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*), capim Tifton 68 (*Cynodon nlemfuensis*) e floresta subtropical, observaram que o manejo das pastagens sem revolvimento do solo permite manter os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio, principalmente na camada de 0-5 cm, promovendo acúmulo de nutrientes na superfície. Além de

que as pastagens são promissoras para aumentar o estoque de carbono do solo. Houve um acúmulo de carbono, na camada de 0-20 cm, sendo os valores maiores que aqueles da condição original de floresta subtropical.

O Pastoreio Racional Voisin (PRV) através da máxima captação da energia solar permite produzir leite à base de pasto de forma eficiente, com balanço de energia positivo, melhorando a fertilidade do solo e protegendo o ambiente. O PRV é um “...sistema de manejo das pastagens que se baseia na intervenção humana, nos processos da vida dos pastos e da vida do ambiente, a começar pela vida do solo e o desenvolvimento da sua biocenose” (PINHEIRO MACHADO, 2010, p. 39). Esta intervenção busca contribuir para a melhora do crescimento das pastagens e da colheita de pasto pelo animal.

Além disso, tem-se destacado que a avaliação das propriedades físicas do solo como, densidade do solo e porosidade total do solo tem sido usada para indicar restrições ao desenvolvimento de plantas. Em áreas de pastagens o aumento da densidade do solo e a redução da porosidade é consequência do pisoteio animal (SANTOS et al., 2009; GUARIZ et al., 2009; PIGNATARO NETTO et al., 2009). Dessa forma, em áreas com manejo incorreto aumenta-se a erosão do solo, bem como se diminui a infiltração de água. Panachuki et al. (2011) concluíram que em áreas com resíduo vegetal da cultura da soja sob semeadura direta as perdas de solo e água foram menores e a taxa de infiltração foi mais elevada em comparação à incorporação dos resíduos da soja com tratamentos com preparo com grade aradora e com escarificador.

Para alcançar um sistema produtivo sustentável, é preciso compreender as práticas desenvolvidas nas propriedades, pois “um sistema agrícola é considerado sustentável se conservar a base de recursos naturais e continuar a satisfazer as necessidades do agricultor” (ALTIERI, 2012, p. 144). No caso das pastagens, o manejo racional é um dos fatores de maior importância para a produção sustentável, onde é necessária a máxima eficiência para proteger as pastagens e, ao mesmo tempo, resultar em adequado desempenho animal (VOISIN, 1974). É neste sentido que a sustentabilidade dos sistemas pecuários está ligada à manutenção da produtividade das espécies forrageiras, que por sua vez dependem da manutenção da estrutura da pastagem e da qualidade física, química e biológica dos solos em níveis não impeditivos ao desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2012).

A avaliação da qualidade do solo através de indicadores participativos com o intuito de buscar a sustentabilidade dos sistemas produtivos é uma ferramenta que valoriza o conhecimento local,

transformando o agricultor em sujeito do processo, dando-lhe autonomia para demonstrar os seus saberes e construir conhecimento. Neste sentido, muitos trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar a sustentabilidade de forma participativa (CASALINHO, et al., 2007; FERREIRA LOBO, 2005; CARLESI, 2008; SARANDÓN, 2006).

Com o uso de metodologia de avaliação da qualidade do solo nas propriedades agrícolas, buscou-se avaliar o manejo das áreas com pastagens, de forma a apontar um conjunto de boas práticas de manejo para promover a conservação do solo e regular a produtividade, propiciando agregação de renda às famílias rurais. “A qualidade do solo nos sistemas agropastoris concorre com a sustentabilidade das pastagens e, dessa forma, é de suma importância quantificar os seus atributos” (PIGNATARO NETTO et al., 2009, p. 3).

Este estudo teve como objetivo avaliar a sustentabilidade de Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin em comparação com Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional, através de indicadores de qualidade do solo construídos com o conhecimento local dos agricultores.

Como objetivos específicos o trabalho buscou identificar os indicadores da qualidade do solo com o conhecimento local, aplicar a metodologia de avaliação da qualidade do solo com e para os agricultores e avaliar a sustentabilidade das pastagens sob Pastoreio Racional Voisin em comparação com o sistema convencional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PARTICIPAÇÃO NOS PROCESSOS

O modelo agrícola convencional com intenso revolvimento do solo e uso de agrotóxicos e fertilizantes de síntese química têm degradado o solo, a água, o ar, a fauna e a flora e ameaça a própria sobrevivência dos seres humanos. As alterações nas características físicas, químicas e biológicas no solo estão cada vez mais evidenciadas por consequência do uso de práticas inadequadas como gradagem, pisoteio excessivo de animais, utilização do fogo, cultivo intensivo, apesar da grande disponibilidade de práticas conservacionistas do solo.

A falta de adoção dessas práticas conservacionistas pode decorrer, em parte, da extensão rural clássica que não utiliza ações participativas. Os profissionais envolvidos com Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) devem ter em mente que ensinar não é um ato de transferência de conhecimento ou conteúdos, mas a criação de possibilidades para a sua produção ou a sua construção, que não existe docência sem discência. “Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (FREIRE, 1996, p. 25). Deve-se respeitar e aproveitar os saberes dos educandos discutindo a realidade concreta que deverá ser associada aos diferentes temas do projeto. A extensão não é uma forma de estender aos agricultores familiares, como recipientes passivos, o conhecimento e os métodos. As pessoas não devem ser tratadas como objetos, devendo-se buscar revelar-lhes o significado das relações homem-mundo (FREIRE, 1985).

Assim se observa que há necessidade de um diálogo entre a ciência e o saber popular que permita a construção interativa e participativa na gestão da paisagem e dos recursos naturais (SAUER & BALESTRO, 2009). Portanto, as metodologias de trabalho adequadas para se reverter os problemas de degradação do solo e buscar sustentabilidade dos sistemas agrícolas devem ter um caráter participativo e com enfoque multidisciplinar, buscando inserir os sujeitos sociais (em especial os agricultores, mas também os técnicos de ATER) no processo de aprendizado. Pois há a necessidade da fusão dos conhecimentos entre os agricultores e técnicos, para que se construa um conhecimento agroecológico (BURG, 2006).

A investigação científica por vezes ainda é feita sob a concepção positivista, ou seja, utilizam-se metodologias quase que exclusivamente quantitativas e sem o envolvimento de agricultores. Contudo, tem-se

constatado um aumento gradativo no número de trabalhos e pesquisas que são desenvolvidos com abordagens que transcendem o campo da disciplinaridade e do saber exclusivamente acadêmico, onde o pesquisador passa a questionar o paradigma vigente e a considerar o agricultor como sujeito e parceiro no processo decisório (CASALINHO, et al., 2007).

A capacidade produtiva do solo pode ser monitorada por produtores e técnicos através do aprimoramento e melhoramento do uso de indicadores de qualidade do solo, desde que se abordem as diversas inter-relações dos componentes do solo e do sistema de produção como um todo, com vistas a aperfeiçoar os mecanismos destas interações (FERREIRA LOBO, 2005).

“A capacidade de observação e compreensão dos produtores pode ser aproveitada nos processos de investigação dos agroecossistemas. A interpretação mais global dos sistemas de produção é fundamental para subsidiar a discussão em torno de uma visão em longo prazo dos sistemas de produção e de sua sustentabilidade. Parâmetros analíticos utilizados nestes processos muitas vezes dificultam a inserção do produtor e da comunidade como participantes ativos na discussão e na interpretação dos dados gerados. Contudo, estes parâmetros podem ser associados a um método de diagnóstico mais geral, possibilitando aos produtores articular, fazer comparações entre sistemas e identificar quais se sobressaem no sentido de uma aproximação à sustentabilidade.” (FERREIRA LOBO, 2005, p. 24).

A metodologia proposta por ALTIERI & NICHOLLS (2002) envolve atividades participativas e é aplicável a uma gama de agroecossistemas em uma série de contextos geográficos e socioeconômicos, desde que os indicadores de avaliação sejam substituídos por outros indicadores que sejam relevantes para o agroecossistema a ser avaliado. Esta metodologia participativa foi desenvolvida em um trabalho onde se comparou a qualidade do solo e a saúde do cultivo de cafezais entre fazendas orgânicas e em transição da Costa Rica, onde os autores concluíram que os sistemas de produção

orgânica apresentaram maior sustentabilidade em comparação aos sistemas em transição.

Em outro trabalho desenvolvido com unidades olerícolas no Sul do Uruguai com construção participativa de indicadores de qualidade do solo para avaliar a sustentabilidade, concluiu-se que devido à sua adaptação ao perfil sócio cultural de agricultores familiares do Sul do Uruguai, as vantagens da metodologia foram ser econômica, rápida e simples, e passível de ser utilizada por muitos agricultores familiares produtores de olerícolas, permitindo gerar informação útil no planejamento ambiental dos sistemas produtivos e agroecossistemas (CARLESI, 2008).

Essa metodologia também foi utilizada para avaliar os indicadores da qualidade do solo e de sustentabilidade de cafeeiros arborizados. Com o uso da metodologia foi possível a inclusão dos produtores na investigação e na interpretação de alguns parâmetros qualitativos do solo, do cultivo e da diversidade do ambiente, possibilitando uma visão do conjunto e, ao mesmo tempo, dos fatores específicos que poderiam limitar os sistemas de produção (FERREIRA LOBO, 2005).

Outro trabalho com objetivo de avaliar a qualidade do solo frente ao tempo de cultivo com manejo de base ecológica, foi baseado no Método Integrativo de Avaliação da Qualidade do Solo (MIAQS). O MIAQS permitiu avaliar adequadamente e, em conjunto, diferentes indicadores físicos, químicos e biológicos do solo. Através do estudo concluiu-se que o sistema de manejo utilizado pelos agricultores e pelo uso integrado das diferentes práticas agrícolas que o caracterizam, influenciou positivamente a Qualidade do Solo, contribuindo, conseqüentemente, para uma atividade agrícola sustentável (CASALINHO et al., 2007).

No trabalho desenvolvido para avaliar a Sustentabilidade de sistemas agrícolas de fazendas em Misiones, Argentina, os indicadores foram construídos de acordo com a metodologia e marco conceitual proposto por Sarandón (2002). Neste estudo avaliaram-se as dimensões econômica, ecológica e sócio cultural, onde se concluiu que o desenvolvimento e o uso de indicadores, inclusive com suas limitações, resultam numa ferramenta adequada e flexível para avaliar tendências, estabelecer diferenças entre as fazendas e detectar os pontos críticos de manejo para a obtenção de uma agricultura sustentável (SARANDÓN, 2006).

Com base nos exemplos supracitados, se pode complementar que a busca por alternativas e/ou opções para apoiar o processo de mudança

no modo produtivo é longo e complexo, mas não impossível. O desafio se encontra em promover um diálogo de saberes, desenvolver um referencial teórico e prático capaz de dar conta da heterogeneidade do conhecimento, da agência humana e da complexidade das redes que englobam a produção e a reprodução dos modos de organização da agricultura e desenvolvimento rural (SCHMITT, 2009).

2.2 SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA

“Um agroecossistema é um local de produção agrícola compreendido como um ecossistema” (GLIESSMAN, 2009, p. 63). Já para Odum & Barrett (2007), um ecossistema é a inter-relação dos organismos vivos (biótico) com o seu ambiente não vivo (abiótico). Assim, para alcançar um agroecossistema sustentável se deve considerar a complexidade do sistema como um todo, em torno das interações ecológicas, sendo que estas interações são função da diversidade do sistema (GLIESSMAN, 2009).

Para tanto se conceitua que o solo é um corpo natural e complexo, resultante da interação dos seus fatores de formação como material de origem, clima, organismos, relevo e tempo, assim se tornando um sistema dinâmico e variável, fundamental para a sustentação das diversas formas de vida no planeta (MELO FILHO & LIBARDI, 2006).

“A sustentabilidade quando relacionada à agricultura passa a constituir um plano de discussão amplo e polêmico, sobretudo porque muitos dos acontecimentos negativos sobre o ambiente estão ligados às ações promovidas pela agricultura. A interação entre o homem e a natureza normalmente ocasiona sérios impactos sobre o ambiente” (ALVES, 2003, p. 29). Assim, salienta-se que a produção sustentável em um determinado agroecossistema provém do equilíbrio entre plantas, solos, nutrientes, luz solar, umidade e organismos existentes (ALTIERI, 2008).

Portanto, um “agroecossistema que incorpore as qualidades do ecossistema natural de resiliência, estabilidade, produtividade e equilíbrio assegurará a manutenção do equilíbrio dinâmico necessário para estabelecer uma base ecológica de sustentabilidade” (GLIESSMAN, 2009, p.81).

A implantação da Revolução Verde no país, que se iniciou no final dos anos 1960 e início dos anos 1970, através do crédito subsidiado ofertado pelo governo, trouxe como consequências ambientais, entre outros danos, a erosão e a contaminação do solo, o desperdício e a

contaminação dos recursos hídricos, a destruição das florestas e o empobrecimento da biodiversidade. (SAUER & BALESTRO, 2009).

Na busca de novas alternativas de produção que mantenham e/ou que promovam melhorias ambientais, sociais e econômicas, bem como alimentos saudáveis, que não contenham resíduos químicos, tem-se a agroecologia, entendida como enfoque científico, teórico, prático e metodológico, com base em diversas áreas do conhecimento, que se propõe a estudar processos de desenvolvimento sob uma perspectiva ecológica e sociocultural e, a partir de um enfoque sistêmico, adotando o agroecossistema como unidade de análise, apoiar a transição dos modelos convencionais de agricultura e de desenvolvimento rural para estilos de agricultura e de desenvolvimento rural sustentáveis (ESTATUTO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGROECOLOGIA, Capítulo II, Art 3º). Assim, a agroecologia fornece os princípios ecológicos para o manejo de ecossistemas, tanto no que se refere à produtividade agrícola com inclusão social e promoção da cidadania, quanto à preservação dos recursos naturais (ROCHA & SIMAN, 2007). Os sistemas agroecológicos procuram maximizar a reciclagem de nutrientes e energia, como forma de minimizar a perda destes recursos durante os processos produtivos (AQUINO & ASSIS, 2007).

O termo agroecologia, apesar de lembrar uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente, vai além do uso de práticas alternativas, e adoção de determinadas práticas ambientalmente mais corretas, e do desenvolvimento de agroecossistemas com baixa dependência de agroquímicos e de aportes externos de energia. A agroecologia enfatiza agroecossistemas mais complexos, nos quais as interações ecológicas e os sinergismos entre seus componentes biológicos promovem sistemas que subsidiem a fertilidade do solo, a produtividade e a sanidade dos cultivos (CAPORAL, 2009; ALTIERI 2012). Além disso Azevedo & Pelicioni (2011), descrevem que a agroecologia é um movimento sociopolítico que se caracteriza pelo fortalecimento do agricultor em busca de sua identidade e raízes culturais e, principalmente, de sua autonomia, poder de decisão e participação ativa no processo produtivo, favorecendo o local como foco de ação.

Para tanto se diz que a agroecologia é o estudo holístico dos agroecossistemas, os quais abrangem as comunidades de plantas e de animais interagindo com o ambiente físico e químico que foi modificado para produzir alimentos, fibras, combustíveis e outros elementos para consumo e utilização humana (ALTIERI, 2012). Sendo assim, na agroecologia não se separa os saberes como na agricultura

convencional, mas se busca integrar os saberes históricos dos agricultores com as diferentes ciências, colocando a compreensão, a análise e a crítica do modelo atual de desenvolvimento para uma visão mais holística e transdisciplinar, podendo assim proporcionar um desenho de agriculturas mais sustentáveis (CAPORAL, 2009).

Para alcançar esta agricultura sustentável, a agroecologia tem o objetivo de construir agroecossistemas que reproduzam a estrutura e a função dos ecossistemas naturais locais, ou seja, criar um sistema altamente diversificado e um solo biologicamente ativo, além de um sistema que promova o controle dos insetos, a reciclagem de nutrientes e uma ampla cobertura do solo, de modo a prevenir as perdas dos recursos edáficos (ALTIERI, 2012). A agroecologia também valoriza e potencializa a geração de tecnologias apropriadas pelos agricultores às condições locais, em contato com os agroecossistemas, num processo de coevolução ecológica e cultural (BURG, 2006).

A agricultura sustentável é aquela que permite manter no tempo um fluxo de bens e serviços que satisfaçam as necessidades sócio econômicas e culturais da população, dentro dos limites biofísicos, estabelecendo um correto funcionamento dos sistemas naturais (agroecossistemas) que o suportam (SARANDÓN, 2006).

A agricultura sustentável possui como princípio básico a manutenção da diversidade biológica e ecológica dos ambientes naturais, sendo que os indivíduos que fazem parte destes ambientes devem interagir com toda diversidade existente. Seguindo esse raciocínio, conclui-se que um sistema agrícola monocultural, onde praticamente a diversidade não existe, está em desacordo com os princípios que regem a agricultura sustentável, que propõem utilizar sistemas de policultivos, podendo estes estarem, ou não, combinados com a criação de animais (ALVES, 2003).

2.3 QUALIDADE DO SOLO E INDICADORES

Os sistemas agroecológicos são um meio de manutenção e conservação da qualidade do solo e, ao mesmo tempo, permitem produzir alimentos. Conforme Doran & Parkin (1994, p.7), entende-se por “qualidade do solo a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens”.

Salientando que o solo é o principal centro da organização dos ecossistemas terrestres e de áreas úmidas, um bom indicador da qualidade ambiental é a qualidade do solo, ou seja, se a qualidade do solo é mantida, o que estiver acontecendo na paisagem, seja gerenciado ou natural, deve ser sustentável (ODUM & BARRETT, 2011). Por isso, a qualidade do solo é a integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que o habilita a exercer suas funções na plenitude (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

De forma geral, os indicadores para avaliar a qualidade do solo devem contemplar as propriedades físicas, químicas e biológicas. Assim, sugere-se que para evitar conclusões errôneas, uma quantificação não apenas de um indicador, mas de um conjunto mínimo de dados do solo que possam auxiliar no seu diagnóstico (LIMA, 2007). Pois, considerando o solo como um ecossistema, ou seja, compreendido como um sistema vivo e dinâmico, o manejo para a sustentabilidade se torna um processo sistêmico (GLIESSMAN, 2009). Por isso, a sua avaliação deve ser suficientemente abrangente para que ao final o conhecimento dos avaliadores permita compreender esta complexidade.

2.3.1 Indicadores de Qualidade do Solo

O não revolvimento do solo favorece a qualidade do solo, em razão de não romper as estruturas físicas formadas nem favorecer a perda de elementos químicos e de matéria orgânica do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Sob essa análise, os sistemas agrícolas que favorecem a qualidade do solo são aqueles que cultivam plantas intensamente sem o revolvimento do solo.

As ações realizadas hoje no manejo do solo podem influenciar no sistema da cadeia alimentar de todos os seres vivos. Para tanto, “quando a saúde de uma parte da cadeia alimentar é perturbada, todas as outras criaturas dessa cadeia podem ser afetadas”. (POLLAN, 2008, p. 118). Conforme Vezzani & Mielniczuk (2009) para o solo possuir qualidade, depende do sistema solo-planta, bem como do sistema organismos do solo integrados e adaptados ao seu local no ambiente.

Em áreas de pastagens bem manejadas, após alguns anos, ter-se-á uma intensa e heterogênea atividade biológica, pois a relação entre os componentes biótico e abiótico é íntima no solo. Complemente-se ainda que tanto mais fértil será o solo, quanto mais intensa for a atividade biológica, e por consequência, mais saudáveis serão as plantas que ali crescem, mais saudáveis os animais que delas se alimentam e mais

satisfeitos os humanos que os consomem (PINHEIRO MACHADO, 2010).

O mau manejo das pastagens, associado ao intenso revolvimento do solo, resulta no rearranjo das partículas do solo, e como consequência, reduz a porosidade (REICHERT et al., 2010) e a infiltração da água. Panachuki et al. (2011), em um estudo de perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo, concluíram que o preparo do solo através do revolvimento aumenta as perdas de solo e água, e que solos mantidos com cobertura com quantidades elevadas de resíduo vegetal e sem o revolvimento aumentam a taxa de infiltração.

A compactação do solo, traduzida por um aumento da densidade do solo, induz ao rearranjo das partículas, e, por consequência, reduz a porosidade, sendo que o adensamento do solo também depende da sua composição textural, regime hídrico ou da maneira como ele se formou (REICHERT et al., 2010). Em áreas com atividades pecuárias a principal causa de compactação do solo é o pisoteio animal, Cardoso et al. (2011) observaram que o sistema de pastejo contínuo em pastagem nativa promoveu degradação da qualidade física do solo, evidenciada pelo aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração e diminuição da porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica saturada. As crostas superficiais também podem se formar pela exposição do solo à ação das gotas da chuva, que impactam e dispersam o solo, e após a secagem dessa camada de partículas depositas, a superfície do solo fica endurecida (REICHERT et al., 2010).

O fornecimento contínuo de material orgânico pelos restos culturais e /ou excreções radiculares, cujos subprodutos são constituídos por moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, auxilia na formação da matéria orgânica que atua como agente de formação e estabilização dos agregados, proporcionando melhor estruturação do solo (LAURINDO et al., 2009). Portanto a matéria orgânica do solo serve como um reservatório de água, nutrientes e de carbono, reduzindo a compactação e incrementando a infiltração da água e a entrada de ar no solo (PINHEIRO MACHADO, 2010). A matéria orgânica tem o poder de flocular o solo, abrir espaços e, evitar a compactação, por isso diminui a densidade do solo (LAURINDO et al., 2009).

O estado dos resíduos orgânicos permite inferir sobre a quantidade de matéria orgânica presente no solo, pois a formação da matéria orgânica do solo consiste da acumulação de resíduos animais e vegetais com variados graus de decomposição. O material orgânico é

submetido a um constante ataque de microrganismos e, assim, o material orgânico acaba por ser um componente transitório do solo, sempre em estado de renovação (FERREIRA, 2010). Por isso é aceito que solo com uma coloração mais escura possui, no geral, maior conteúdo de matéria orgânica.

Para um bom desenvolvimento vegetal, ressalta-se a importância de um bom desenvolvimento das raízes. Pois de acordo com Verona (2008) o desenvolvimento das raízes pode ser modificado pelo manejo do agroecossistema.

“Para um adequado crescimento, as plantas necessitam de uma estrutura que possibilite uma área de contato entre as raízes e o solo, que assegure a obtenção de água e nutrientes e um suficiente espaço poroso para o fornecimento adequado de oxigênio. Terras agrícolas vêm perdendo a sua qualidade física decorrente dos processos de degradação a que estão sendo expostas. A compactação, por exemplo, ao causar modificações na estrutura do solo pode limitar a adsorção e a absorção de nutrientes, a infiltração e a distribuição de água e, por sua vez, resultar em problemas no estabelecimento e no crescimento de raízes. Esta limitação é originada por alterações em atributos físicos do solo, como aumento da densidade e da resistência à penetração, diminuição da porosidade e de modificações na continuidade dos poros (LIMA et al., 2007, p. 10).”

Portanto, salienta-se que dependendo do manejo utilizado, além das interferências no desenvolvimento das plantas, ocorrem mudanças na diversidade de espécies e nos sistemas naturais de vegetação tropical e subtropical, o que torna muito importante o conhecimento destas variações, de modo a desejar espécies dominantes, mantendo a composição botânica mais produtiva (CORDEIRO, 2008). Isto prova o conceito de Voisin (1974) de que a composição botânica de uma pastagem é produto de seu manejo.

O PRV que se baseia nas leis universais estabelecidas por André Voisin, procura maximizar o seu maior insumo que é a energia solar, considerando o bem estar animal e buscando a sua maior eficiência produtiva, tudo isso de acordo com altos padrões de qualidade para uma

produção orgânica e sustentável, ou seja, agroecológica (PINHEIRO MACHADO, 2010).

“As terras agrícolas vêm perdendo a sua qualidade física decorrente dos processos de degradação a que estão sendo expostas” (LIMA et al., 2007, p. 10). Esta degradação ao qual a qualidade física do solo está exposta decorre principalmente do preparo, do cultivo no mesmo local, do uso de áreas com níveis de umidade impróprios, do pisoteio de animais em pastagens, do trânsito de máquinas e da utilização de implementos com carga elevada (LIMA et al., 2007).

Para a avaliação da qualidade física do solo, os indicadores devem ser de fácil obtenção e ainda seria importante que pudessem informar as mudanças que ocorrem nas características do solo. Conhecer a qualidade física do solo é uma forma de compreender os processos de degradação e de planejar ações para um manejo mais sustentável.

Geralmente os indicadores físicos mais utilizados englobam a densidade, a porosidade, a estabilidade de agregados, a resistência mecânica do solo à penetração (LIMA et al., 2007), e a infiltração (ALVES, 2007).

A densidade do solo é definida pela relação entre a massa de solo seco em estufa pelo seu volume total. O volume inclui os espaços ocupados pelo ar e água (FERREIRA, 2010). A densidade do solo é afetada por cultivos que alteram a estrutura e, por consequência, o arranjo e volume dos poros. Estas alterações afetam propriedades físico-hídricas importantes como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência do solo à penetração. A compactação do solo induz à redução do espaço poroso, principalmente macroporos, o que afeta as propriedades físico-hídricas (KLEIN, 1998).

A densidade do solo é influenciada pela textura do solo (BUENO & VILAR, 1998; REICHARDT & TIMM, 2004; LIBARDI, 2005). Solos arenosos apresentam densidade superior à do solo argiloso, enquanto que os solos siltosos apresentam comportamento intermediário.

Essa variação na densidade decorre da microagregação das partículas de argila, que acarretam uma porosidade intra-agregados, o que reduz a densidade, sendo esses microagregados extremamente estáveis (KLEIN, 2005). Outro fator que pode contribuir para esse comportamento da densidade do solo é o teor reduzido de matéria orgânica nos solos arenosos (BUCKMAN & BRADY, 1979; KLAR, 1988).

A porosidade de um solo corresponde ao volume não ocupado pelos constituintes sólidos do solo. Tal volume é ocupado pelo ar e pela água (GUERRA et al., 2005). A porosidade total pode ser obtida através de cálculo a partir das determinações das densidade do solo e de partículas. A quantidade e a natureza dos poros existentes são determinadas pelo arranjo ou geometria das partículas do solo (FERREIRA, 2010), e considerando-se que estas partículas sejam esféricas, pode-se provar que o volume do espaço poroso será sempre em torno de 50%, independentemente do tamanho e arranjo das esferas (KLEIN, 2008). Assim, parte dos espaços das partículas é preenchida com gases e parte com água (ODUM & BARRETTT, 2011).

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS

A agricultura convencional se baseia na maximização da produção e do lucro, com práticas típicas onde as áreas são aradas ou cultivadas durante diversas vezes no mesmo ano, e em muitos casos, esta prática deixa as mesmas sem cobertura do solo. Este manejo tende a degradar a qualidade do solo de diversas maneiras (GLIESSMAN, 2009).

A degradação das pastagens pode ser caracterizada pela mudança botânica, em decorrência do aumento das plantas espontâneas, ocasionando assim uma degradação agrícola, ou seja, a pastagem tem sua capacidade econômica de produção reduzida. Em outros casos a degradação das pastagens pode ser caracterizada pela intensa redução da biomassa vegetal, ocasionada pela degradação do solo, que pode ser por razões químicas, físicas ou biológicas. Neste caso, tem-se a substituição da pastagem por outras plantas com nível nutricional inferior, além da presença de erosão na área e um comprometimento da área em sustentar a produção vegetal em decorrência do empobrecimento do solo (DIAS-FILHO, 2003).

Como a degradação das pastagens tem se tornado um problema grave que compromete a produção pecuária em muitas localidades, muitas ações e atitudes para reverter este quadro ressurgiram com o intuito de melhorar a produtividade do pasto e a renda de inúmeras famílias de agricultores, como o caso dos pastejos rotativos.

Em estudo desenvolvido no Sudoeste do Paraná, onde se levantou as principais características dos sistemas de produção de leite visando a redução do uso de insumos, concluiu-se que as propriedades familiares ainda são moduladas de acordo com os padrões de manejo das grandes fazendas. Então, é preciso realizar uma melhor formação dos

agricultores em técnicas de manejo de pastagens, como o pastejo rotacionado e promover a diversificação com outras espécies forrageiras, além de melhorar o manejo do rebanho, a sua reprodução e alimentação, para poder aprimorar os sistemas, melhorando assim a produtividade e o rendimento econômico da atividade, e, assim, assegurar o bem estar do agricultor (RETIÈRE & KHATOUNIAN, 2009).

O pastoreio racional consiste em respeitar as exigências dos animais e do pasto, considerando as condições do solo, clima, altitude, latitude e longitude (VOISIN, 1974). Assim, “entender a dinâmica do permanente movimento de transformação é o primeiro passo para um procedimento racional das pastagens” (PINHEIRO MACHADO, 2010, p. 43).

Esse constante movimento é onde se estabelece um equilíbrio dinâmico do manejo racional das pastagens, onde há uma permanente interação, que provém do produto da ação bioquímica dos constituintes do complexo solo, em função de uma biocenose onde não apenas o pasto, mas também os animais, o ambiente (tendo o homem como integrante) e o solo interagem de forma dinâmica e constante (PINHEIRO MACHADO, 2010). Por isso, que para se alcançar a sustentabilidade das pastagens, o manejo do solo deve ser baseado em práticas que promovam a ciclagem dos nutrientes, minimizem suas perdas e priorizem a entrada destes nutrientes no sistema (DIAS-FILHO, 2003).

Não existe o melhor pasto para todas as condições, pois todos os pastos são bons quando adaptados ao ambiente onde estão e manejados corretamente, isto é, sendo pastoreados em seu ponto ótimo de repouso, com o rigoroso respeito aos tempos de repouso e de ocupação. Os princípios de manejo são os mesmos para qualquer pastagem, seja nativa, naturalizada ou cultivada, perene ou anual, até porque, com amplos limites, as diferenças de solo e clima têm importância relativa se o método de pastoreio utilizado for racional (PINHEIRO MACHADO, 2010).

As plantas são a base das cadeias tróficas terrestres, e é a partir da biomassa vegetal que a biota edáfica tem fonte de alimento para se desenvolver. E, nesse processo, ocorre a interação das plantas e os organismos, resultando na construção da estrutura física do solo, que será tanto mais complexa quanto maior for a quantidade de biomassa vegetal aportada ao sistema e a diversidade desta biomassa (quantidade, qualidade e frequência de aporte). A estrutura química do solo também é

construída pela matéria vegetal e sua diversidade (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

Em experimento conduzido na área experimental pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, onde se buscou avaliar a produtividade de sistemas forrageiros consorciados com amendoim forrageiro ou trevo vermelho, conclui-se que os sistemas forrageiros consorciados com duas leguminosas apresentaram maiores taxas de acúmulo de matéria seca e massa de forragem desaparecida. Isto se explicou pela decomposição dos nódulos, das raízes e da parte aérea do amendoim forrageiro no início do período hibernal, assim como do trevo vermelho no verão, disponibilizando o N para o sistema (DIEHL et al., 2011).

Compreendendo assim os sistemas de pastagens é que se salienta que o pastoreio racional visa satisfazer ao máximo as exigências do pasto e do animal, pois lembra-se que o “pastoreio é o encontro do animal com o pasto” (VOSIN, 1974, p.393). Neste contexto é que se menciona que o uso adequado das pastagens necessita do bom senso, observação e conhecimento tanto do gado quanto das plantas (PRIMAVESI, 1986).

Para uma compreensão mais clara do sistema de pastagens conduzido com base em princípios do Pastoreio Racional Voisin se apresenta as premissas das quatro leis universais de Voisin (1974, p. 173-182), onde:

Primeira Lei: “para que o pasto, cortado pelo dente do animal, forneça a máxima produtividade, é necessário que entre dois cortes sucessivos se passe um tempo suficiente que lhe permita acumular em suas raízes as reservas necessárias para um início vigoroso de rebrote e realizar sua labareda de crescimento”.

Segunda Lei: “o tempo global de ocupação de uma parcela deve ser suficientemente curto, para que uma planta cortada no primeiro dia (ou início) do tempo de ocupação não seja cortada novamente pelo dente dos animais, antes que estes deixem a parcela”.

Terceira Lei: “é preciso auxiliar os animais que possuem exigências alimentares mais elevadas a colher mais quantidade de pasto, e da melhor qualidade possível”.

Quarta Lei: “para que a vaca produza rendimentos regulares, ela não deve permanecer por mais de três dias sobre a mesma parcela. Os rendimentos serão máximos, se a vaca não permanecer mais do que um dia na mesma parcela”.

Assim “Devemos auxiliar o pasto a crescer, e devemos guiar a vaca em sua colheita de pasto” (VOISIN, 1974, p. 182). Ou seja, o bom manejo dos projetos que respeitem o ponto ótimo de repouso, visível através do efeito xadrez, a fenação do excedente, a complexidade dos consórcios de pastos e a introdução do componente arbóreo, mostram a evolução do sistema solo-planta-animal e do ser humano (LORENZON, 2011).

Em projeto desenvolvido no município de Vista Gaúcha RS com famílias produtoras de leite que adotaram o pastoreio rotativo, obteve-se como resultado a diminuição de custos, maior estabilidade da produção, diminuição da dependência de fatores externos e maior aproveitamento das condições naturais de clima e solo (SANGALETTI, 2002).

Em outro estudo realizado em Castro-PR, onde se realizou uma análise da viabilidade econômica da produção de leite à base de pasto e com suplementos, se concluiu que os custos são sensivelmente reduzidos quando se consegue manter rebanhos produtivos à base de pastagem, utilizando-se recursos forrageiros de boa qualidade. Economicamente, o sistema mais dependente da pastagem apresentou o melhor resultado. Portanto, ele pode permitir maior flexibilidade quanto à inversão de sistemas de produção, podendo ser intensificado ou pouco intensificado, dependendo da conjuntura econômica (SILVA et al., 2008).

“O manejo rotativo racional é um manejo ecológico, manejando ao mesmo tempo solo-planta-animal. Não é a exploração de nenhum dos três nem o sacrifício de um. E racionais são todas as medidas que tendem a aumentar a forragem, mesmo nos períodos de menor desenvolvimento” (PRIMAVESI, 1986, p. 156).

De forma geral, deve-se considerar o melhoramento da pastagem, melhorando o seu valor nutritivo, aumentando a carga animal e o seu desempenho. Pois, o que orienta um manejo correto das pastagens e do gado são as necessidades e realidades locais (PRIMAVESI, 1986).

Assim, pode-se dizer que a adoção de um sistema de PRV em sua plenitude proporciona uma produção com padrões de sustentabilidade, de rentabilidade e integração ambiente, homem e produção (LORENZON, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGRICULTORES PARTICIPANTES DA PESQUISA E DO LOCAL

O trabalho foi desenvolvido na região Oeste de Santa Catarina, com agricultores pertencentes à Cooperativa dos Trabalhadores na Agricultura Familiar-COOTRAF. Esta abrange os municípios de Bom Jesus do Oeste, Modelo, Nova Erechim, Pinhalzinho, Saudades, Serra Alta, e Sul Brasil. A cooperativa através da Secretaria de Desenvolvimento Rural e Produção organizou os agricultores familiares por três grupos de produção: de Leite, de Agroindústrias Familiares e Agroecológicos, perfazendo um total de 360 famílias associadas, dos quais 12 se encontram em processo de conversão para a produção orgânica.

Participaram do presente trabalho quatro famílias agricultoras que foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios de desenvolvimento da atividade na propriedade: tempo, localização da propriedade e por permitir condições adequadas para o desenvolvimento das pastagens. As avaliações foram conduzidas na região Oeste de Santa Catarina, nos municípios de Pinhalzinho e Saudades. Também foram considerados os agricultores que demonstraram interesse e disposição de participar no projeto de pesquisa. As visitas foram organizadas e agendadas com os agricultores de acordo com o andamento, coleta e avaliação dos dados do projeto.

O clima da região é classificado como Cfa segundo o sistema de classificação de Köppen, caracterizado como subtropical úmido, sem estação seca e com verão quente. As temperaturas médias anuais mínimas e máximas da região estão entre 12,9 a 14,0 °C e entre 25,8 a 27,5°C, respectivamente. A temperatura média anual varia de 17,9 a 19,8°C e a precipitação pluviométrica média anual de 1430 a 2020mm, com o total de dias de chuva entre 118 e 146 dias e a umidade relativa do ar de 77 a 82%. Podem ocorrer, em termos normais, de 5,0 a 12,0 geadas por ano. Os valores de horas de frio iguais ou abaixo de 7,2 °C variam de 164 a 437 horas acumuladas por ano. A insolação varia de 2.117 a 2.395 horas nesta sub-região. A vegetação predominante é Floresta Estacional Decidual, como exemplo se pode citar grápia, angico vermelho, guajuvira, louro-pardo e canafístula (EPAGRI/CIRAM, 2012).

As propriedades foram caracterizadas por sistemas de produção: Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional e Sistemas de

Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin-PRV. Ressalta-se que as propriedades conduzidas sob Sistema de Pastagens em PRV são propriedades exploradas com princípios agroecológicos.

A propriedade caracterizada como SPC 1, localiza-se no município de Pinhalzinho SC, coordenadas geográficas latitude 26°50'45.8" e longitude 53°01'29.9", com altitude média de 440 metros e relevo forte ondulado, com solo caracterizado como Cambissolo (EMBRAPA, 1999). A área total da propriedade é de 90.000 m², sendo 50.000 m² (área utilizada no estudo) destinados à utilização com pastagens anuais com aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e capim Sudão (*Sorghum sudanese*), manejados com a utilização de agrotóxicos, insumos químicos para adubação e o uso de gradagem e subsolagem, com um intenso revolvimento do solo. No momento da pesquisa a propriedade possuía um rebanho de 15 animais, sendo destes 10 vacas para lactação, 2 novilhas e 3 bezerras, todos de raça mista (Jersey com Holandês).

A propriedade caracterizada como SPC 2, localiza-se no município de Saudades SC, coordenadas geográficas latitude 26°50'24.16" e longitude 53°04'34.2", com altitude média de 346 metros e relevo forte ondulado, com solo caracterizado como Cambissolo (EMBRAPA, 1999). A área total da propriedade é de 115.000 m², sendo destes 30.000 m² (área utilizada no estudo) destinados à utilização com pastagens anuais com aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e capim Sudão (*Sorghum sudanese*), sendo que esta área estava em processo de transição para pastagens permanentes com a introdução de Tifton 85 (*Cynodon plectostachyus x Cynodon ssp*), porém ainda não consolidado e 40.000 m² somente com pastagens anuais com aveia (*Avena sativa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e capim Sudão (*Sorghum sudanese*). O manejo das pastagens é baseado com utilização de agrotóxicos, insumos químicos para adubação e utilização de dejetos de suínos e de aves. O manejo do solo consiste de gradagem e subsolagem, com um intenso revolvimento do solo e roçadas nas parcelas com as gramas permanentes. A propriedade possuía no momento da pesquisa um rebanho de 42 animais, sendo destes 16 vacas para lactação (raça Holandês e Jersey), 6 novilhas (Holandesas) e 6 bezerras (Jersey), 13 bezerros (raça mista e destinados ao corte) e 1 reprodutor (Jersey).

A propriedade caracterizada como SP PRV 1, localiza-se no município de Saudades SC, coordenadas geográficas latitude 26°51'06.1" e longitude 53°03'08.2", com altitude média de 456 metros e relevo forte ondulado, com solo caracterizado como Cambissolo

(EMBRAPA, 1999). A propriedade encontra-se em processo de conversão para produção orgânica. A área total da propriedade é de 250.000 m², sendo destes 70.000 m² destinados ao PRV a mais de 5 anos, destes uma área com 60.000 m² com à utilização de pastagens permanentes com capim pioneiro (*Pennisetum sp.*) e 10.000 m² (área utilizada no estudo) com grama missioneira (*Axonopus sp.*) e 40.000 m² para pastagens anuais como aveia (*Avena sativa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) no inverno. O manejo da pastagem consiste na implantação de mudas e sobre semeadura de sementes, respectivamente, utilização de dejetos de aviário como adubação orgânica na área com capim pioneiro e pastagens anuais, observa-se que na área com grama missioneira a propriedade não utiliza adubação, além de roçadas. A propriedade possuía no momento da pesquisa um rebanho de 35 animais, sendo destes 14 vacas para lactação (Jersey e mistas), 13 novilhas (Jersey e mistas) e 5 bezerras (Jersey), 2 bezerros (raça mista e destinados ao corte) e 1 reprodutor (Jersey).

A propriedade caracterizada como SP PRV 2, localiza-se no município de Saudades SC, coordenadas geográficas latitude 26°53'54.0" e longitude 53°04'57.5", com altitude média de 575 metros e relevo forte ondulado, com solo caracterizado como Cambissolo (EMBRAPA, 1999). A propriedade encontra-se em processo de conversão para produção orgânica. A área total da propriedade é de 214.000 m², sendo destes 20.000 m² (área utilizada no estudo) destinados ao PRV a mais de 6 anos com à utilização de pastagens permanentes como grama missioneira (*Axonopus sp.*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e hermatría (*Hermathria altíssima*) e 50.000 m² para pastagens anuais como aveia (*Avena sativa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) no inverno. O modo de cultivo consiste na implantação de mudas e sobresemeadura de sementes, respectivamente. Na área de pastagens permanentes o produtor não utiliza nenhum tipo de adubação, apenas realiza roçadas se houver necessidade. Na área de pastagens anuais o produtor utiliza adubação orgânica com dejetos de aviário. A propriedade possuía no momento da pesquisa um rebanho de 39 animais, sendo destes 19 vacas para lactação (raça mista), 1 novilha (raça mista) e 7 bezerras (raça mista), 9 bezerros (raça mista e destinados ao corte) e 1 reprodutor (Gil, mas não é utilizado para reprodução na propriedade) e 2 animais para tração (raça mista).

3.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS PASTAGENS SEGUNDO OS INDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO

Para a avaliação da sustentabilidade foram realizadas três visitas às propriedades com o acompanhamento dos técnicos da COOTRAF: a primeira para conhecer as famílias e realização de entrevistas e duas outras visitas, uma no inverno e outra no verão, para aplicação do método de avaliação da sustentabilidade.

Para a avaliação da sustentabilidade das pastagens, foi aplicado e ajustado o método proposto por Altieri e Nicholls (2002), atribuindo-se notas para os indicadores de qualidade do solo escolhidos pelos agricultores. Em cada propriedade foi selecionada uma área de pastagem para a realização das análises.

A identificação do objeto de estudo, no caso, a sustentabilidade e a qualidade do solo, seguiu os passos seguintes: primeiro foram estabelecidos os indicadores e definidas as exigências de sustentabilidade das pastagens e das características que representam um solo de boa qualidade. Estas características foram trabalhadas e transformadas em indicadores. Como a metodologia tem caráter participativo, coube aos agricultores definir estas exigências. Para a definição dos indicadores e a forma de avaliação dos mesmos, foi realizado um encontro, juntamente com uma prática para capacitar e nivelar o conhecimento da metodologia pelos agricultores.

As avaliações foram realizadas por quatro participantes, sendo estes os agricultores proprietários das propriedades.

Para cada indicador foi atribuída uma nota de 1 a 10, segundo a avaliação do seu estado. O valor 1 corresponde ao nível indesejável, o 5 representa um valor médio e o 10 equivale ao nível desejável (anexo B). Algumas referências foram adaptadas de acordo com as especificidades locais e outras foram suprimidas em relação ao método de Altieri e Nicholls (2002).

As notas foram atribuídas aos indicadores em dois momentos diferentes para permitir observar a evolução do sistema testado em escala temporal. Momento 1 (no inverno) e Momento 2 (no verão).

Foram utilizados sete indicadores para o momento inverno e oito indicadores para o momento verão (anexo B), pelo fato de que no verão os agricultores decidiram incluir o indicador atividade biológica.

Assim os indicadores para avaliar a qualidade do solo foram:

- Atividade Biológica do Solo;

- Compactação e Infiltração;
- Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica;
- Desenvolvimento das Raízes;
- Diversidade Vegetal;
- Erosão;
- Estados dos Resíduos Orgânicos;
- Estrutura do Solo.

Para as análises estatísticas dos indicadores de qualidade do solo (ANOVA, teste de separação de médias e análise de agrupamento), as propriedades sob SP PRV e sob SPC foram agrupadas e as notas atribuídas aos indicadores por cada avaliador foram consideradas repetições. Procedeu-se a análise estatística no momento verão e inverno.

Os indicadores avaliados a campo, com base nas observações dos agricultores, também foram apresentados em gráficos tipo “Teia ou ameiba”, por permitir que os valores atribuídos sejam mais facilmente observados no gráfico, para se verificar o estado da qualidade do solo. Os valores mais próximos do lado externo do gráfico representam que o sistema está mais próximo da sustentabilidade.

3.3 PREPARAÇÃO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SOLO

As coletas de solo para análise química foram realizadas no dia 27 de Agosto de 2011 com pá de corte a 0-20 cm de profundidade. As amostras que provinham de 15 subamostras por hectare foram colocadas em sacos plásticos para posterior envio ao laboratório. Foram realizadas análises químicas de macro (P Disponível, K Disponível, Ca Trocável e Mg Trocável) e micronutrientes (Zn Disponível, Mn Disponível, Cu Disponível e Fe Disponível), pH, teor de matéria orgânica e teor de argila do solo e foi calculado o $H + Al$, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação em base (V) nas áreas de pastagens das propriedades para ajudar na comparação com os dados qualitativos. As metodologias para análise química de rotina estão descritas em Tedesco et al. (1995).

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de Chapecó, SC.

Para as análises físicas de solo, as coletas foram realizadas no dia 15 de Dezembro de 2011 para análise da densidade do solo e da porosidade do solo.

Para as análises Físicas de densidade do solo e de porosidade, o delineamento experimental utilizado foi em faixas, com parcelas subdivididas e seis repetições, sendo os Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e os Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC) considerados as parcelas principais e as subparcelas foram constituídas pelas profundidades de coleta das amostras. As profundidades avaliadas foram 0-5 cm e 10-15 cm, com um número de seis amostras indeformadas por profundidade e por sistema, perfazendo um total de 48 amostras.

As amostras com estrutura preservada, utilizadas para a determinação da densidade do solo, foram coletadas nas profundidades anteriormente citadas, com o auxílio de um amostrador do tipo “Uhland”, utilizando cilindros de aço inoxidável com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura.

A determinação da densidade do solo foi realizada conforme a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Para a determinação da densidade do solo a massa seca dos sólidos é determinada secando-se o material em estufa a 105°C até massa constante e pesando-o em balança de precisão, ao passo que para a determinação do volume do cilindro utiliza-se a seguinte equação:

$$V = \pi \frac{D^2}{4} h$$

Onde: V = volume do cilindro (cm³)

π = 3,1416

D = diâmetro do cilindro (cm)

h = altura do cilindro (cm)

Para a determinação da densidade do solo utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Densidade do solo} = \frac{\text{Massa seca dos sólidos (g)}}{\text{volume (cm}^3\text{)}}$$

A porosidade total foi determinada pela relação entre densidade do solo e densidade dos sólidos conforme EMBRAPA (1997), utilizando-se a equação:

$$\alpha (1 - (\rho_{\text{solo}}/\rho_{\text{sólidos}}))100$$

As análises Físicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), campus de São Miguel do Oeste, unidade de São José do Cedro, SC.

3.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os resultados das avaliações da qualidade do solo foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram separadas através do teste de *t-student* em nível de 5% de significância de probabilidade.

Os resultados das análises da densidade do solo e da porosidade foram submetidos à Anova e quando os efeitos foram significativos, as médias foram separadas através do teste *Tukey* em nível de significância de 5% de probabilidade, com o uso do *Software* estatístico SANEST® (ZONTA & MACHADO, 1984).

Também se procedeu a análise de agrupamento, que foi realizada através do agrupamento completo (Complete Linkage), onde as distâncias entre os agrupamentos são determinadas pela maior distância entre dois objetos de diferentes agrupamentos. Para o cálculo dessas distâncias, foi utilizada a distância euclidiana, a qual leva em conta a distância geométrica entre dois objetos no espaço multidimensional. Nesta análise consideraram-se os quatro avaliadores em cada propriedade nos dois sistemas de uso do solo, SP PRV e SPC, separados em duas épocas verão e inverno. As variáveis consideradas na análise foram Atividade Biológica do Solo; Compactação e Infiltração; Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica; Desenvolvimento das Raízes; Diversidade Vegetal; Erosão; Estados dos Resíduos Orgânicos; Estrutura do Solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de uma análise geral dos sistemas de pastagens com base nos oito indicadores de qualidade do solo, se verificou que o Sistema de Pastagem manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV – agrupamento das duas propriedades) apresentou médias superiores em comparação com o Sistema de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC – agrupamento das duas propriedades), nas duas épocas avaliadas (inverno e verão), conforme apresentado na Tabela 01.

Quando os indicadores Estados de Resíduos Orgânicos e Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica foram analisados de forma independente, o SP PRV também apresentou médias superiores em relação ao SPC, tanto para a avaliação de inverno quanto para a avaliação de verão.

Tabela 01 – Valores atribuídos para os indicadores de sustentabilidade avaliados em duas épocas (inverno e verão) nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).

Indicadores	INVERNO					VERÃO				
	SP PRV		SPC		Teste	SP PRV		SPC		teste
	MED	DP	MED	DP		MED	DP	MED	DP	
E. S.	6,7	0,9	4,8	0,7	*	6,6	1,8	5,6	0,7	ns
E. R. O.	6,2	2,2	3,9	1,0	*	6,2	2,1	4,6	1,2	*
D. R.	7,1	1,0	4,6	0,7	*	6,9	1,3	6,1	0,8	ns
E.	7,6	1,3	5,4	1,0	*	7,9	1,8	7,3	1,8	ns
C. O. MO.	6,8	1,7	4,7	0,6	*	6,6	1,7	4,9	0,6	*
D. V.	6,4	1,6	5,8	1,1	ns	6,3	1,1	6,3	1,3	ns
C. I.	5,6	0,8	4,1	1,0	*	6,2	1,7	5,6	0,9	ns
A. B.	-	-	-	-	-	5,5	1,4	5,3	0,7	ns
Médias	6,5	1,5	4,7	1,1	*	6,5	1,7	5,7	1,3	*

* = Significativo em nível de 5% de probabilidade segundo testes de t-student; ns = não significativo segundo o mesmo teste. LEGENDA: MED=Média, DP=Desvio Padrão, E.S.=Estrutura do Solo, E.R.O.=Estados dos Resíduos Orgânicos, D.R.=Desenvolvimento das Raízes, E.=Erosão, C.O.MO.=Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica, D.V.=Diversidade Vegetal, C.I.=Compactação e Infiltração, A.B.=Atividade Biológica.

O indicador Diversidade vegetal não apresentou diferenças nas diferentes épocas (inverno e verão), porém o SP PRV apresentou maior disponibilidade de pasto em comparação ao SPC. Na Tabela 02 são apresentadas as 10 espécies que faziam parte da composição botânica da pastagem SP PRV 1 no momento inverno e verão.

Tabela 02 – Lista de espécies encontradas no SP PRV 1

FORRAGEIRAS	INDICADORAS ¹
<i>Axonopus sp.</i> (grama missioneira)	<i>Cenchrus sp.</i> (carrapicho)
<i>Desmodium incanum</i> (pega-pega)	<i>Vernonia sp.</i> (mata campo)
<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	<i>Plantago sp.</i> (tanchagem)
<i>Paspalum notatum</i> (grama forquilha)	<i>Sida rhombifolia</i> (guaxuma)
<i>Paspalum sp.</i> (capim)	<i>Soliva pterosperma</i> (roseta)

No SP PRV 2 foram classificadas seis espécies que faziam parte da composição botânica da pastagem no momento inverno e verão (Tabela 03).

Tabela 03 – Lista de espécies encontradas no SP PRV 2

FORRAGEIRAS	INDICADORAS
<i>Avena sativa</i> (aveia)	-
<i>Arachis pintoi</i> (amendoim)	-
<i>Axonopus sp.</i> (grama missioneira)	-
<i>Cynodon dactylon</i> (grama seda)	-
<i>Hermathria altissima</i> (hermathria)	-
<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	-

Para o SPC 1 na avaliação do indicador de Diversidade Vegetal no momento inverno e verão foram classificadas e listadas 10 espécies que faziam parte da composição botânica da pastagem (Tabela 04).

¹ São plantas que surgem em determinadas situações específicas em resposta a uma modificação e com a função de recuperar a sustentabilidade da natureza.

Tabela 04 – Lista de espécies encontradas no SPC 1

FORRAGEIRAS	INDICADORAS
<i>Cynodon dactylon</i> (grama seda)	<i>Commelina benghalensis</i> (trapoeraba)
<i>Digitaria sanguinalis</i> (milha)	<i>Conyza bonariensis</i> (buva)
<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	<i>Sida rhombifolia</i> (guaxuma)
<i>Paspalum dilatatum</i> (capim mela)	<i>Soliva pterosperma</i> (roseta)
<i>Pennisetum americanum</i> (milheto)	
<i>Sorghum sudanese</i> (capim sudão)	

Já para o SPC 2 foram classificadas e listadas nove espécies que faziam parte da composição botânica da pastagem no momento inverno e verão (Tabela 05).

Tabela 05 – Lista de espécies encontradas no SPC 2

FORRAGEIRAS	INDICADORAS
<i>Avena sativa</i> (aveia)	<i>Amaranthus</i> sp. (caruru)
<i>Brachiaria plantaginea</i> (papua)	<i>Oxalis</i> sp. (azedinha)
<i>Cynodon dactylon</i> (grama seda)	<i>Rumex</i> sp. (língua de vaca)
<i>Cynodon plectostachyus</i> x <i>Cynodon</i> <i>ssp</i> (tifton)	<i>Soliva pterosperma</i> (roseta)
<i>Lolium multiflorum</i> (azevém)	-

As avaliações demonstraram que as propriedades apresentam diversidade vegetal, contudo a propriedade com SPRV 1 apresentou espécies consideradas forrageiras, o que se explica pelo manejo adequado das pastagens respeitando-se o ponto ótimo de ocupação e o tempo de repouso. Já as outras propriedades apresentaram além das espécies forrageiras, as espécies aqui denominadas de indicadoras. Assim salienta-se que de acordo com Dias-Filho (2003, p. 21), “o sinal mais evidente da degradação da pastagem é o aumento na proporção das plantas daninhas”. Portanto, acompanhar a evolução de espécies botânicas na pastagem é uma forma de compreender a produtividade da mesma. Um manejo incorreto pode ocasionar a degradação da mesma. Audeh et al. (2011, p. 43), completa que “o desenvolvimento e a aparência das plantas é um indicador que permite avaliar as condições

do solo em relação as suas características físicas, químicas e biológicas”.

Os indicadores erosão, estrutura do solo, compactação e infiltração apresentaram médias superiores apenas para as avaliações de inverno, onde o SP PRV apresentou melhor desempenho em relação ao SPC, resultado que pode ser explicado pelo fato destes indicadores serem influenciados pelo manejo da pastagem. Prova disto, Laurindo et al. (2009) em estudo comparando sistemas de manejo onde avaliaram a densidade do solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, encontraram valores de 1,12, 1,28, 1,32 e 1,28 g cm⁻³ para o sistema com plantio direto e 1,10, 1,37, 1,37 e 1,28 g cm⁻³ para o sistema de manejo com cultivo mínimo, respectivamente. Foi apenas na camada de 0-5 cm que o cultivo mínimo apresentou valor menor de densidade em comparação ao plantio direto, devido a mobilização do solo, demonstrando que o manejo acarreta mudanças nos atributos físicos do solo. Nesse contexto, Dias-Filho (2003) acrescenta que uma situação que demonstra a degradação da pastagem é a presença de áreas de solo descoberto devido ao manejo incorreto e, ainda como indicativo mais grave, a erosão. Pinheiro Machado (2010) complementa que o primeiro sinal de melhora na estrutura do solo é a melhoria da composição botânica com maior eficiência produtiva da pastagem, além de indicadores que demonstram um incremento da fertilidade do solo. Carter (2002) destaca que a matéria orgânica melhora a estrutura do solo e a estabilidade dos agregados resultando na resistência do solo pela erosão.

Além disso, no presente trabalho, onde o manejo do solo era realizado com o revolvimento através de gradagens, como o caso do SPC, a erosão e a desestruturação da estrutura do solo eram fortemente evidentes. Também merece ressalva que onde havia mais disponibilidade de espécies forrageiras (SP PRV), o solo se encontrava mais coberto, e a erosão era impedida ou se encontrava em níveis reduzidos.

Em solos descobertos, gradeados, revolvidos, a probabilidade de o solo ser erodido é maior. Inácio et al. (2007) quantificam a erosão em pastagens com diferentes declives e concluíram que as perdas de solo para os declives >9, 10-15, 25-30, 35-40 %, na condição sem cobertura foram 3,7, 6,5, 26,86 e 20,83 t ha⁻³, respectivamente, valores significativamente maiores que no solo com cobertura de gramínea de *Panicum maximum*, que foram 0,48, 0,58, 0,64 e 1,23 t ha⁻³, respectivamente. Assim, quando sob cobertura de gramínea, esses valores baixos de erosão podem ser atribuídos principalmente à

intercepção das gotas de chuva e à barreira física promovida pelas gramíneas da pastagem. Complementando, Braidá & Cassol (1999) também observaram que a erosão entre sulcos decresceu com o aumento da cobertura do solo por resíduos vegetais com palha de milho e trigo, onde compararam as quantidades de resíduo vegetal de 0,0, 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 e 0,80 kg m², ou seja, nas parcelas com maior cobertura a erosão se reduziu em até 92% em comparação com as áreas com solo descoberto. Castro et al. (2011) comparando diferentes espécies de plantas de cobertura no caso milho+crotalária, milho, feijão-de-porco, feijão-guandu, milho+guandu e crotalária, encontraram como taxa de perda de solo por erosão os valores de 2,06, 1,47, 1,77, 1,27, 2,20 e 2,89 Mg ha⁻¹, respectivamente, e concluíram que além da intercepção das gotas da chuva pela planta, o hábito de crescimento e a quantidade de material orgânico depositado no solo também influenciam no controle da erosão, fato que explica o melhor resultado para o feijão-guandu. Por isso se aplica a hipótese que em solos com pastagens bem manejadas, como no caso do SP PRV, os graus de erosão são inferiores.

Pinheiro Machado (2010) salienta que no PRV a um incremento do teor de MO que promove uma maior retenção da água, ao mesmo tempo em que a cobertura com pastagens retêm os detritos sólidos. E para a estrutura se explica que a mesma é um atributo dinâmico do solo, ou seja, é fortemente afetada pela atividade biológica e notadamente por práticas de manejo do solo (FERREIRA, 2010). Sendo assim, se explica por que o SP PRV apresentou os melhores resultados quando comparado com o SPC.

Um manejo sadio do solo é aquele que estimula o desenvolvimento de organismos e, por isso se deve cultivar espécies adaptadas, que além de cobrirem o solo, protegendo-o dos raios solares e das chuvas intensas, permitem o desenvolvimento de microrganismos que auxiliam no incremento de fertilidade do solo (CARDOSO, 2008). Esta relação que se faz com a atividade biológica ajuda a explicar por que a consolidação do SP PRV proporciona melhorias em vários atributos do solo.

Atividade biológica foi avaliada somente na época de verão, quando se verificou a presença de artrópodes nos dois sistemas, apesar dos resultados não diferirem, o SPC apresentou visualmente maior presença de formigas e cupins. Por outro lado, no SP PRV se verificou a presença de minhocas.

Para os indicadores Estados dos Resíduos Orgânicos e Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica o solo do sistema SP PRV apresentou

melhores características, fato que pode ser explicado pela relação entre os indicadores como Atividade Biológica e os Estados dos Resíduos Orgânicos, que favorecem o aumento dos teores de matéria orgânica no solo.

Conforme salientado para o resultado superior do indicador Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica no SP PRV, os estados de resíduos orgânicos possuem relação direta, ou seja, este aumento pode ser explicado pela sobra de matéria seca que o PRV proporciona após anos de realização. Olanda et al. (2011) concluíram em estudo desenvolvido para determinar o teor de matéria orgânica do solo em sistema silvo pastoril, com bractinga, sob PRV, que os tratamentos que apresentaram maiores teores de matéria orgânica são os que possuem menores níveis de sombreamento, o que sugere ser a matéria seca das gramíneas a principal fonte de carbono para determinar a matéria orgânica do solo. Relacionando-se o Teor de Matéria Orgânica do solo com a sua coloração, Audeh et al. (2011) concluíram em estudo participativo com agricultores familiares produtores de fumo, onde compararam solos de alta qualidade com solos de baixa qualidade identificados pelos próprios agricultores, assim os mesmos compreendem que solos de coloração mais escura possuem mais material orgânico, sendo melhores para produção agrícola.

O indicador Desenvolvimento de Raízes apresentou resultados superiores para o SP PRV apenas para época inverno, sendo que estas diferenças podem estar relacionadas com a compactação do solo, como observado anteriormente, pois o sistema SP PRV apresentou melhores resultados nesse indicador, refletindo em melhor desenvolvimento de raízes. Ademais, nos pastejos contínuos há uma forte compactação superficial, o que impede a penetração das raízes nas zonas de maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (PINHEIRO MACHADO, 2010). Pignataro Netto et al. (2009); Guariz et al. (2009) concluíram que em áreas com excesso de pisoteio de animal, a densidade do solo tende a ser maior, provocando a degradação da qualidade do solo.

Através da análise de agrupamento (Figuras 01 e 02) observa-se a formação de grupos distintos de avaliadores, tanto para estação de verão quanto para a estação de inverno.

Na avaliação de verão, observa-se a formação de três grupos de avaliadores (Figura 01), sendo o primeiro grupo formado pelos avaliadores 2; 4; 3 e 1, da propriedade SP PRV 2, o segundo pelos avaliadores 4; 2; 1, da propriedade SPC 2, e 3; 2; 4 e 1 da propriedade SPC 1, e o último grupo pelos avaliadores 2, 3, 4 e 1 da propriedade SP PRV 1, e do avaliador 3 da propriedade SPC 2.

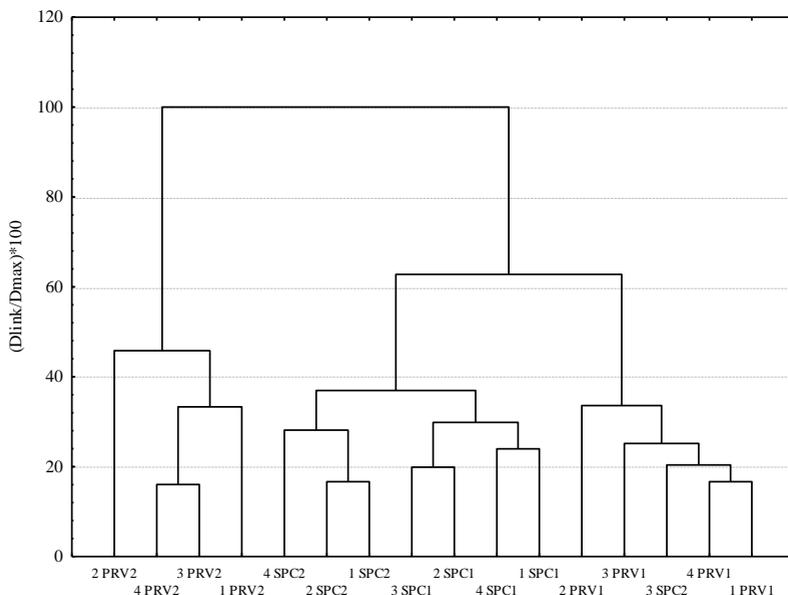


Figura 01 – Dendrograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de verão.

Na avaliação de inverno também se pode observar a formação de três grupos (Figura 02), sendo o primeiro formado pelo avaliador 4 da propriedade SPC 2 e os avaliadores 3; 4; 2 e 1 da propriedade SP PRV 2. O segundo grupo é formado pelos avaliadores 4; 2; 1 e 3 da propriedade SPC 1 e dos avaliadores 3; 4 e 2 da propriedade SP PRV 1. O terceiro grupo é formado pelos avaliadores 3; 2 e 1 das propriedades SPC 2 e o avaliador 1 da propriedade SP PRV 1.

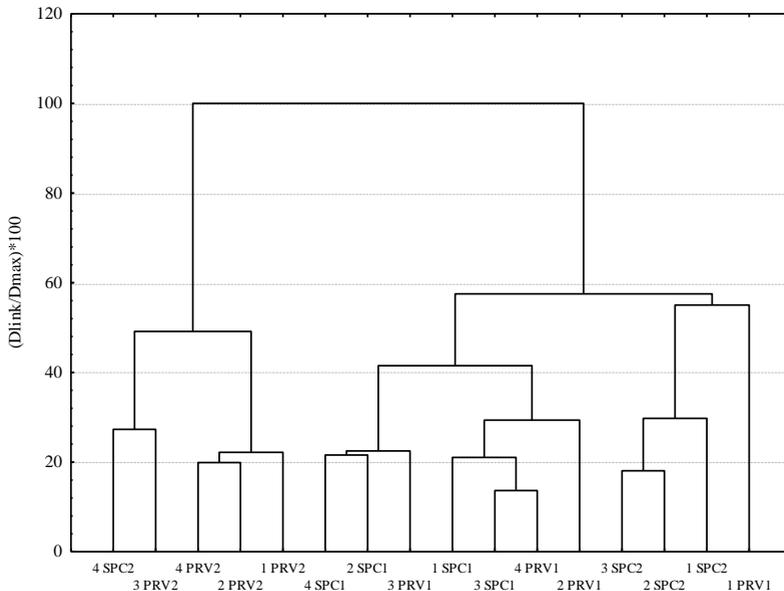


Figura 02 – Dendrograma dos avaliadores nos sistemas SP PRV 1, SP PRV 2, SPC 1 e SPC 2 avaliados na estação de inverno.

A análise de agrupamento permite uma separação clara dos sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno (Figura 01 e 02), demonstrando uma tendência diferenciada dos dois sistemas avaliados. A forma de agrupamento encontrada sugere que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados. Portanto, os resultados fundamentam aqueles encontrados através do teste de separação de médias, evidenciando a existência de uma disparidade entre os sistemas SP PRV e SPC.

Nas Figuras 03 e 04 estão apresentados os resultados das avaliações dos dois sistemas de pastagens nas duas épocas, inverno e verão, através dos gráficos do tipo ameba.

Na avaliação de inverno (Figura 03) o SP PRV, apresentou valores superiores em relação ao SPC para todos os indicadores, demonstrando que esse sistema possui potencial para manejo conservacionista do solo e das pastagens. Considerando que a maioria das médias do SPC ficou abaixo ou muito próximas da nota cinco, o SPC não possui características de sustentabilidade do solo e das pastagens e por consequência proporciona a decadência da atividade leiteira.

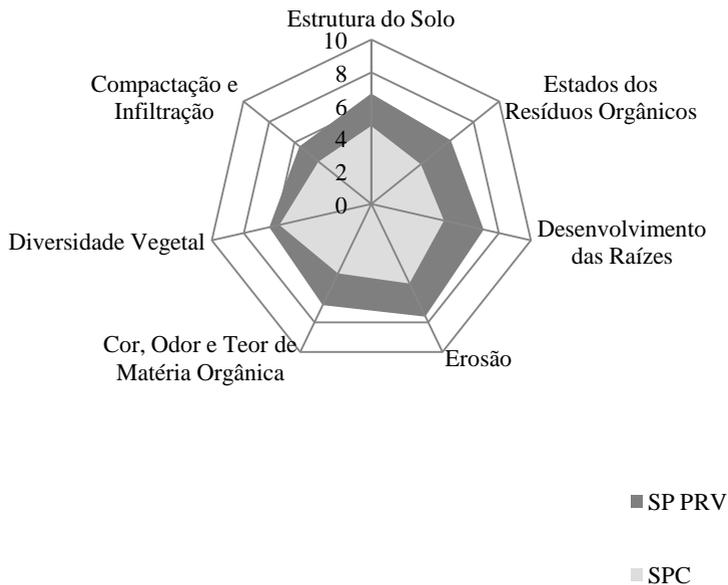


Figura 03 – Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC) no período de inverno.

Para a avaliação de verão (Figura 04), o SP PRV também apresentou melhores resultados para todos os indicadores avaliados, com exceção da diversidade vegetal e da atividade biológica que apresentaram resultados semelhantes.

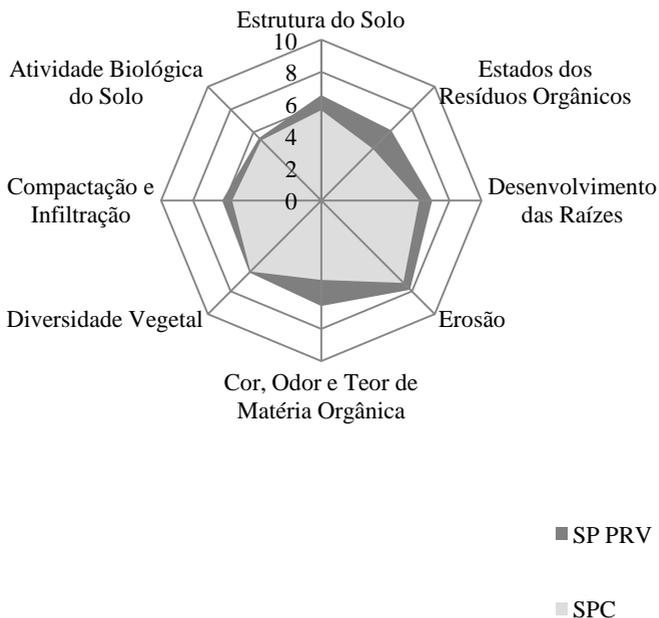


Figura 04 – Avaliação da qualidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC), no período de verão.

Verifica-se que nas duas épocas (inverno e verão) ocorreu certa semelhança na avaliação da qualidade do solo, com o formato mais circular para o SP PRV e mais irregular para o SPC, o que demonstra que os agricultores possuem compreensões parecidas para avaliar a qualidade do solo através dos indicadores. Em trabalho desenvolvido por Altieri & Nicholls (2002) os autores demonstraram que com os valores obtidos para cada indicador e a construção de diagramas do tipo ameba foi possível a descrição da qualidade do solo e da saúde das plantas, e quando os valores atribuídos aos indicadores estão mais próximo do diâmetro do círculo, o sistema é mais sustentável. Esses gráficos são apropriados já que apresentam cada indicador em termos qualitativos e permitem uma comparação simples, mas integral, das vantagens e limitações dos sistemas em estudo. Para a interpretação das

figuras se considera a situação ideal a área formada pela linha externa da teia, enquanto a área preenchida representa a situação encontrada na realidade, com cada vértice localizando a pontuação obtida pelo indicador (MATOS FILHO, 2004).

Com esses gráficos é possível visualizar a situação do conjunto dos indicadores e identificar quais indicadores de cada propriedade devem ser melhorados. Também permite acompanhar o desempenho da propriedade numa escala temporal e realizar comparações entre as propriedades com o intuito de se estabelecer aquelas mais próximas da sustentabilidade.

Metodologia semelhante foi utilizada por Casalinho et al. (2007), onde concluíram que o método de avaliação da qualidade do solo reflete as percepções dos agricultores sobre seus agroecossistemas, e ainda ressaltaram que sistemas que utilizam práticas ecológicas tendem a recuperar a qualidade do solo em áreas degradadas. Em estudo utilizando como base a metodologia de Altieri & Nicholls (2002), Ferreira Lobo (2005) avaliou sistemas de café sombreado e café em pleno sol cultivados em sistema orgânico e verificou que o sistema de café sombreado apresentou médias superiores em relação ao sistema de café a pleno sol.

Machado & Vidal (2006) utilizaram esta metodologia para avaliaram a qualidade do solo e a sanidade vegetal dos cultivos de agricultores pertencentes a um assentamento, concluíram que a metodologia permitiu que os próprios agricultores observassem e avaliassem os seus sistemas e pudessem tomar decisões de melhorias dos atributos que estavam insatisfatórios, pois os mesmos acabavam por comparar uma propriedade com a outra. Outro ponto relevante destacado pelos autores foi a facilidade com que a metodologia permite capacitar os agricultores, despertando neles o interesse de promover melhorias nas atividades desenvolvidas e como consequência melhorando a qualidade de vida das famílias.

Em muitas situações, uma simples análise do gráfico permite que interferindo em um único indicador, pode-se melhorar em outros atributos. Como o caso da adubação verde ou plantas de cobertura, que de acordo com Nalon & Oliveira (2009), assume uma importância nos sistemas de produção agroecológica, pois as espécies cultivadas para este fim conferem certa disponibilidade de matéria orgânica, além de ampliarem a biodiversidade. Prova deste incremento de matéria orgânica foi percebido por Audeh et al. (2011), em estudo participativo com agricultores, onde concluíram que os benefícios proporcionados pela matéria orgânica e as interações da mesma com as propriedades físicas,

químicas e biológicas do solo foram percebidos pelos agricultores no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Na busca de aferir a percepção dos agricultores quanto à qualidade dos seus solos, foram realizadas análises químicas e análises físicas de densidade e porosidade do solo.

Tabela 06 – Atributos químicos dos Solos sob Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).

Análise do Solo	Sistemas de Pastagens convencionais		Sistemas de Pastagens em Pastoreio Racional Voisin	
	SPC1	SPC2	SP PRV 1	SP PRV 2
	Análise	Análise	Análise	Análise
% Argila m/v	53,44	42,77	37,44	36,10
pH-água	5,3	5,2	5,5	5,9
Índice SMP	5,9	5,8	6,0	6,2
P mg/dm ³	3,5	4,4	7,7	3,6
K mg/dm ³	74	93,1	242,7	232,3
% M.O.	2,1	3,4	2,6	2,9
Al cmolc/dm ³	0,1	0,2	0,0	0,0
Ca cmolc/dm ³	5,0	6,5	6,9	18,2
Mg cmolc/dm ³	1,7	2,8	1,3	4,4
H + Al cmolc/dm ³	4,89	5,49	4,36	3,47
CTC pH7,0	11,73	15,08	13,20	26,67
% Saturação Bases	58,34	63,57	66,95	86,25
Zn mg/dm ³	8,0	9,1	14,0	5,9
Cu mg/dm ³	9,6	9,1	10,7	3,1
Mn mg/dm ³	>50,0	>50,0	>50,0	>50,0
Fe g/dm ³	1,2	1,7	1,4	0,8

Através dos atributos químicos de rotina do solo é possível que os agricultores acompanhem a evolução de alguns parâmetros importantes para avaliar aspectos relacionados à qualidade do solo e à nutrição das pastagens. No SP PRV, a interpretação dos resultados dos atributos químicos do solo (Tabela 06) demonstra que os valores do pH em água, 5,5 e 5,9 para o SP PRV 1 e SP PRV 2 foram médio, os teores de matéria orgânica 2,6 e 2,9 % foram médios; os teores de fósforo 7,7 e 3,6 mg/dm³ baixo e muito baixo, respectivamente de potássio 242,7 e 232,3 mg/dm³ muito altos; de cálcio 6,9 e 18,2 cmolc/dm³ e de magnésio

1,3 e 4,4 cmolc/dm³ altos; e a saturação por bases 66,95 e 86,25 % apresentou valores médio e alto, respectivamente (CQFS-RS/SC, 2004).

Por outro lado, para o SPC (Tabela 06) a interpretação dos resultados dos atributos químicos de solos demonstra que o pH em água, 5,3 e 5,2 para o SPC 1 e SPC 2 foi baixo, o teor de matéria orgânica 2,1 e 3,4 % baixo e médio, o de fósforo 3,5 e 4,4 mg/dm³ foi muito baixo e baixo, o de potássio 74 e 93,1 mg/dm³ altos; de cálcio 5,0 e 6,5 cmolc/dm³ e magnésio 1,7 e 2,8 cmolc/dm³ altos; e a saturação por bases 58,34 e 63,57 % apresentou valores baixos, respectivamente (CQFS-RS/SC, 2004). As limitações verificadas através dos atributos químicos do solo (teores abaixo do recomendado) se relacionam com as avaliações dos indicadores da qualidade do solo efetuadas pelos agricultores, onde o SPC apresentou médias inferiores ao SP PRV, demonstrando que os agricultores possuem conhecimento dos seus sistemas e também indicam a necessidade de intervenções no sistema de manejo das pastagens convencionais para que a fertilidade do solo novamente se restabeleça e se mantenha em níveis adequados para o desenvolvimento das pastagens e com níveis adequados de qualidade do solo. Nos dois sistemas de manejo das pastagens será necessário aplicar fósforo para a elevação dos teores, seja na forma de fertilizante mineral nos sistemas convencionais ou de fosfatos naturais nos sistemas sob PRV.

Em ambos os sistemas, a interpretação dos teores dos atributos químicos dos micronutrientes (Tabela 06) demonstrou para o SPC 1, SPC 2, SP PRV 1 e SP PRV 2 que o cobre 9,6, 9,1, 10,7 e 3,1 mg/dm³, o zinco 8,0, 9,1, 14,0 e 5,9 mg/dm³, o manganês >50,0 mg/dm³ e o ferro 1,2, 1,7, 1,4 e 0,8 g/dm³ estão em níveis altos, respectivamente. Os solos dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul raramente apresentam deficiências de micronutrientes (CQFS-RS/SC, 2004).

Os dados de densidade do solo estão apresentados na Tabela 07, onde se verifica que na profundidade 0 a 5 cm não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo avaliados. É possível que a ausência de diferença entre os sistemas de manejo possa ser pelo fato de que no SPC a área é manejada com sucessivos revolvimentos de solo em períodos anteriores ao cultivo das espécies forrageiras, caracterizando momentaneamente uma descompactação do solo. Por outro lado, no SP PRV o tempo de repouso e a deposição de matéria orgânica ajudam a melhorar as condições para o desenvolvimento de raízes e aumentam atividade biológica, proporcionando assim uma melhora nas condições físicas do solo. Em contradição a este resultado, Schaefer et al. (2012) encontraram diferenças nos valores de densidade do solo, que variaram

entre 1,40 a 1,54 Mg m³, na profundidade de 0 a 5 cm em área experimental para as pastagens de tifton 85, quando comparados a área com amendoim forrageiro e o consórcio entre ambos, possivelmente por efeito das pressões causadas pelo pisoteio animal, já que a tifton apresenta poucos estolões que protegem o solo em comparação com o amendoim forrageiro.

Tabela 07 – Densidade e Porosidade do solo nos Sistemas de Pastagens manejados sob Pastoreio Racional Voisin (SP PRV) e nos Sistemas de Pastagens manejados de forma Convencional (SPC).

	Sistemas de Pastagens convencionais		Sistemas de Pastagens em PRV	
	SPC1	SPC2	SP PRV 1	SP PRV 2
-----cm-----	----- g cm ⁻³ -----			
Densidade do solo 0 - 5	1,27 a	1,31 a	1,30 a	1,25 a
Densidade do solo 10 - 15	1,24 ab	1,32 b	1,20 a	1,17 a
CV (%)** 5,176	----- m ³ m ⁻³ -----			
-----cm-----	----- m ³ m ⁻³ -----			
Porosidade do solo 0 - 5	0,533 a A	0,514 a A	0,512 a B	0,522 a B
Porosidade do solo 10 - 15	0,534 ab A	0,508 b A	0,567 a A	0,562 a A
CV (%)** 5,070				

*Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

**Coeficiente de Variação

Já na profundidade do solo de 10 a 15 cm verificou-se diferenças significativas para a densidade do solo, onde os sistemas SP PRV 2 e SP PRV 1 apresentaram os menores valores (1,17 g cm³ e 1,20 g cm³, respectivamente). No entanto, estes sistemas não diferiram do sistema SPC 1, que apresentou valor de 1,25 g cm³. O sistema SPC 2 foi aquele que apresentou o maior valor de densidade do solo (1,32 g cm³). Em estudo desenvolvido por Guariz et al. (2009), onde compararam áreas com pastagens, café e mata, foram detectados valores para densidade do solo de 1,22 g cm³, 1,18 g cm³ e 0,92 g cm³, respectivamente, e

concluíram que a principal causa de aumento de densidade do solo em áreas com pastagens foi ocasionada pelo pisoteio de animais em pastejo, e ainda completaram que outra atribuição para o aumento da densidade do solo se deve à redução da matéria orgânica encontrada nos locais analisados.

Embora o valor da densidade do solo tenha sido maior no SPC 2 ($1,32 \text{ g cm}^{-3}$), este valor ainda não pode ser considerado restritivo para o desenvolvimento das culturas. Contudo, deve-se acompanhar a evolução deste parâmetro e manejar o solo e as pastagens para impedir um agravamento do adensamento do solo. Santos et al. (2009) compararam a densidade do solo de pastagens com capim quicuío, capim elefante, tifton 68 e Floresta Nativa, encontraram valores de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$, $1,46 \text{ Mg m}^{-3}$, $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$ e $1,09 \text{ Mg m}^{-3}$ na profundidade de 0-5 cm e $1,39 \text{ Mg m}^{-3}$, $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$, $1,32 \text{ Mg m}^{-3}$ e $1,23 \text{ Mg m}^{-3}$, na profundidade de 10-15 cm respectivamente, e verificaram que houve diferenças significativas apenas na camada superficial entre as áreas de pastagens em comparação com a Floresta Nativa. Concluíram que o pisoteio animal promoveu o aumento da densidade, contudo, esses valores de densidade ainda não são restritivos para o desenvolvimento da cultura em solos argilosos, com exceção do valor de $1,46 \text{ Mg m}^{-3}$, para o capim elefante. Em contrapartida no estudo desenvolvido por Collares et al. (2011), observaram que a compactação superficial foi ocasionada pelo pisoteio animal, onde na maioria das glebas avaliadas a densidade do solo foi superior a $1,45 \text{ mg m}^{-3}$, valor considerado restritivo para o desenvolvimento da maioria das culturas em solos argilosos. Com este aumento da densidade do solo também ocorre aumento da microporosidade e redução da macroporosidade e porosidade total, que por sinal ocasiona uma degradação da estrutura do solo. Os autores também, concluíram que os altos valores para a resistência à penetração foram encontrados na superfície e são explicados pelo aumento da compactação, consequência do aumento da densidade e redução da porosidade.

A porosidade do solo não deferiu estatisticamente para a profundidade de 0 a 5 cm nos diferentes sistemas manejos, conforme demonstrado na Tabela 07. Entretanto, na profundidade de 10 a 15 cm os sistemas SP PRV 1 e SP PRV 2 apresentaram valores superiores ao sistema SPC 2.

As variáveis condicionantes da estrutura, textura e matéria orgânica do solo influenciam na porosidade total do solo, ainda influenciado pelo uso e manejo do solo, e dessa forma estima-se que a porosidade total do solo pode variar entre 0.30 e $0.70 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$

(FERREIRA, 2010). “A porosidade exerce importância dentre outros fatores na estimativa da infiltração, da drenagem e do movimento de água e crescimento de raízes” (LIMA, et al., 2007, p. 18).

Na análise da porosidade em função da profundidade do solo encontrou-se diferenças nos sistemas SP PRV 1 e SP PRV 2, com os maiores valores situados na camada de 10 a 15 cm, enquanto não houve diferenças significativas em função da profundidade entre os SPC 1 e SPC 2 (Tabela 07). Em contradição, Pignataro Netto et al. (2009, p.1447), concluíram que a densidade do solo e a porosidade total foram mais afetadas em áreas com *Andropogon gayanus* velho (AV) e *Brachiaria brizantha* nova (BN), apresentando resultados de 0,98 e 0,99 kg dm⁻³ e 0,62 e 0,62 m³ m⁻³, respectivamente, na camada de 0–5 cm de profundidade em comparação com *Andropogon gayanus novo* (NA), *Brachiaria decumbens* velha (BV) e cerrado nativo, que apresentaram como resultados 0,78, 0,81 e 0,62 kg dm⁻³ e 0,69, 0,66 e 0,74 m³ m⁻³. Portanto, salientam que “o sistema de manejo das áreas tem grande influência nos atributos físicos do solo, especialmente na camada superficial, onde ocorre a maior pressão do pisoteio animal. Com o tempo, a degradação mecânica do solo leva à compactação, que é um dos fatores responsáveis pela perda de produtividade em áreas de pastagens”.

A avaliação da qualidade do solo pelos agricultores apresentou relação com as avaliações físicas do solo. O manejo no sistema de PRV produziu uma melhora nas condições físicas do solo, o que se justifica pelo fato do sistema de PRV permitir um efeito regenerador da estruturação do solo, apesar de utilizar uma alta carga instantânea, a mesma é aliada a um rápido tempo de ocupação, impedindo que os animais caminhem, ocasionando um menor pisoteio, sendo ainda favorecido por períodos de descanso variáveis e longos, que contribuem para a ação do sistema radicular e da mesofauna (PINHEIRO MACHADO, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O êxito de uma unidade produtiva sob o sistema de PRV depende de um bom projeto, ao mesmo tempo em que considere as características da propriedade. Acompanhar a evolução do sistema com a avaliação de indicadores é uma forma de superar os pontos negativos para alcançar a sustentabilidade do sistema.

Quando todos os indicadores foram considerados em conjunto, o SP PRV apresentou médias superiores ao SPC.

Na análise dos indicadores de forma isolada, o SP PRV apresentou médias superiores para estados dos resíduos orgânicos, e cor, odor e teor de matéria orgânica em relação ao SPC.

A análise de agrupamento permitiu separar os sistemas SP PRV e SPC, tanto na estação de verão como na de inverno, e demonstrou que os avaliadores tiveram sensibilidade semelhante ao ponderar os atributos avaliados em cada sistema.

Para as análises químicas do solo, o SP PRV apresentou valores médios para o pH, teor de matéria orgânica e valores muito alto para K, Ca e Mg, enquanto que o SPC apresentou valores alto para K, Ca e Mg.

Já para as análises físicas de densidade e porosidade do solo foram identificadas diferenças significativas na profundidade de 10 a 15 cm, onde os sistemas sob SP PRV apresentaram menor valor de densidade e maior valor de porosidade em relação a um dos sistemas sob SPC.

A metodologia se mostrou adequada para as avaliações da qualidade do solo dos sistemas de pastagens, demonstrando que as avaliações quantitativas se relacionam com as avaliações qualitativas e que os agricultores têm entendimento do estado dos seus sistemas produtivos. Por fim, a metodologia utilizada no trabalho permitiu alcançar os objetivos específicos que eram a identificação de indicadores da qualidade do solo com o conhecimento local, a aplicação da metodologia de avaliação da qualidade do solo com e para os agricultores e a avaliar a sustentabilidade das pastagens sob Pastoreio Racional Voisin em comparação com o sistema convencional.

Com a pesquisa procurou-se proporcionar a formação e a qualificação dos agricultores, lhes conferindo capacidade de concluir e perceber nas avaliações o nível de sustentabilidade da sua propriedade. A escolha de indicadores e a construção de uma metodologia participativa de avaliação da qualidade do solo incentivaram os agricultores familiares a avaliar as práticas de manejo do solo e realizar um acompanhamento frequente das suas pastagens, fornecendo

importante ferramenta para a tomada de decisão. As avaliações da qualidade do solo ajudaram os agricultores a compreender os processos agroecológicos que permeiam o bom desempenho de pastagens manejadas adequadamente, como o caso do Pastoreio Racional Voisin, e a buscarem adoção de sistemas que melhorem a qualidade solo e que atinjam posteriormente a sustentabilidade nas unidades produtivas.

A aproximação dos pesquisadores com os agricultores, de uma forma dinâmica e participativa, permitiu a troca de experiências, conhecimentos, impressões e percepções. Neste contexto, os dados originados se tornam mais acessíveis, têm uma maior validade e eficácia para melhoria da qualidade do solo na sua localidade, visando tomadas de decisões corretas diante do manejo do solo e das pastagens, e por consequência, melhoram as condições ambientais, sociais e econômicas da região, já que o próprio agricultor é parte integrante do processo de geração de conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica, 64:17-24, p. 19 e 24, 2002.

ALTIERI, M. Agroecologia: Dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Trad. LOPES, M. M. Editora UFRGS, 5ª Edição. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 120 p., 2008.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª Edição, Editora Expressão Popular, AS-PTA, São Paulo, Rio de Janeiro, 400 p., 2012.

ALVES, J. R. **Trajetória de agricultores familiares em busca da sustentabilidade: o caso de três agricultores em ambiente periurbano**. 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S. & SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrofico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 31:617-625, 2007.

AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. *Ambiente & sociedade*, Campinas, v. 10, n. 1, 2007.

AUDEH, S. J. S. et al. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia** 6(3): 34-48, 2011.

AZEVEDO, E. & PELICIONI, M. C. F. Promoção da Saúde, Sustentabilidade e Agroecologia: uma discussão intersectorial. **Revista Saúde & Sociedade**, São Paulo, v.20, n.3, p.715-729, 2011.

BRAIDA, J. A. & CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:711-721, 1999.

BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 5 ed. Trad. A. B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: Biblioteca Universitária Freitas Bastos, p. 647, 1979.

BUENO, B. S. & VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. São Carlos: USP, EESC, v.1, p. 131, 1998.

BURG, I. A construção do conhecimento em Agroecologia: uma abordagem a partir da experiência do Sudoeste paranaense. In: LOVATO, P. E. & SCHIMIDT, W. (Orgs.). **Agroecologia e sustentabilidade no meio rural: experiências e reflexões de agentes de desenvolvimento local**. Chapecó: Argos, p. 151, 2006.

CAPORAL, F. R. (org.); COSTABEBER, J. A. & PAULUS, G. Agroecologia uma ciência do campo da complexidade. Brasília. 111 p., 2009.

CARDOSO, I. M. O solo vive. **Agriculturas** - v. 5 - no 3 - setembro de 2008.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M. & FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:613-622, 2011.

CARLESI, S. E. **Construção participativa de indicadores de qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade de unidades olerícolas no Sul do Uruguai**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

CARTER, M. R. Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. **AGRONOMY JOURNAL**, Vol. 94, January–February 2002.

CASALINHO, H. D., et al. Qualidade do Solo como indicador de sustentabilidade de Agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203, abr-jun, 2007.

CASTRO, N. E. A. de, et al. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 775-785, Sept-Oct, 2011.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.2, p.246-250, fev, 2011.

COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G. & MEDEIROS, F. M. Resistência do Solo à Penetração e Produção de Raízes e de Forragem em Diferentes Níveis de Intensificação do Pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 993-1004, 2012.

CORDEIRO, F. L. M. Efeito do pastoreio racional Voisin na pastagem, no pastoreio e na compactação do solo. 101f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

CQFS-RS/SC, Comissão Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª Ed. Porto Alegre, 400p., 2004.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 152p., 2003.

DIEHL, M. S. et al. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. In: I ENCONTRO PAN-AMERICANO SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, Chapecó – SC, Brasil, 2011. **Revista Cadernos de Agroecologia**, Vol 6 n. 1, 2011. Disponível em <<http://WWW.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/CAD/index>>. Acesso em 17 jul. 2012.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, p.1-20, 1994. (Especial, 35)

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro 212p., 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p., 1999.

EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2010 e 2011**. Epagri/Cepa. Florianópolis, 2011.

EPAGRI/CIRAM. Zoneamento Agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina [2012]. Disponível em: <[HTTP://www.ciram.epagri.sc.gov.br/](http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/)>. Acesso em :14 mar. 2012.

FERREIRA LOBO, J. M. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: JONG VAN LIER, Q. (editor). **Física do Solo**. Viçosa, MG, cap. I, p. 1 – 24, 2010.

FREIRE, P. Extensão ou comunicação. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 8ª ed., 93 p., 1985.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática docente. Rio de Janeiro: Paz e Terra, p. 165, 1996.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, p. 658, 2009.

GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. S.; CAMPANHARO, W. & CECÍLIO, R. Diagnóstico das Alterações Físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Diferentes Usos. **Revista Brasileira de Agroecologia**/nov. Vol. 4 No. 2, 2009.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da & BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e Conservação dos Solos, Conceitos, Temas e Aplicações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 339, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: [http// www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 17 Jul., 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2010**. Disponível em: [http// www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 17 Jul., 2012.

INACIO, E. S. B. et al. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.4, p.355–360, 2007.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo – planta – atmosfera**. 2 ed. São Paulo: Nobel, p. 408, 1988.

KLEIN, V. A. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um Latossolo roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Piracicaba, 1998. 150 p. Tese (Doutorado), USP-ESALQ, 1998.

KLEIN, V. A. **Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo-UPF, p.61, 2005.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. Editora Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 212 p. 2008.

LAURINDO, M. C. O.; NÓBREGAS, L. H. P.; PEREIRA, J. O.; MELO, D. & LAURINDO, E. L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na Agricultura**, viçosa - MG, V.17 N.5, p. 367 - 374 Setembro / Outubro, 2009.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, Edusp, p. 335, 2005.

LIMA, C. L. R. de, PILLON, C. N. & LIMA, A. C. R de. Qualidade Física do Solo: Indicadores quantitativos. Documentos, 196. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 25p., 2007.

LORENZON, J. Sucesso do PRV em produção de leite no oeste de SC, mais que uma técnica um sistema de manejo. In: I ENCONTRO PAN-AMERICANO SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, Chapecó – SC, Brasil, 2011. **Revista Cadernos de Agroecologia**, Vol 6 n. 1, 2011. Disponível em <<http://WWW.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/CAD/index>>. Acesso em 17 jul. 2012.

MACHADO, C. T. T. & VIDAL, M. C. Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil. Documentos 173. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 43p., 2006.

MATOS FILHO, A. M. **Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade: uma análise da região de Florianópolis SC-Brasil**. 2004. 171 p. Dissertação de Mestrado– Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis. 2005.

MELO FILHO, J. F. De M. & LIBARDI, P. L. Estabilidade temporal de medidas do teor e do potencial mátrico da água no solo em uma transeção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 29:497-506, 2006.

NALON, J. M. & OLIVEIRA, J. R. F. Avaliação do Uso de Pó de Basalto e Hiperfosfato de Gafsa na Cultura de Milho em Sucessão a Coquetel de Adubos Verdes no Município de Bituruna-PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Vol. 4 No. 2, nov. 2009.

ODUM, E. P. & BARRETT, G. W. **Fundamentos da Ecologia**. Tradução Pégasus Sistemas e Soluções. São Paulo: Cengage Learning, 612p., 2011.

OLANDA, G. B.; MACHADO FILHO, L. C. P. & FERREIRA, T. L. Determinação de percentagem de matéria orgânica do solo em silvopastoril, com bracinga, sob Pastoreio Racional Voisin. In: I ENCONTRO PAN-AMERICANO SOBRE MANEJO AGROECOLÓGICO DE PASTAGENS, Chapecó – SC, Brasil, 2011.

Revista Cadernos de Agroecologia, Vol 6 n. 1, 2011. Disponível em <<http://WWW.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/CAD/index>>. Acesso em 17 jul. 2012.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T; OLIVEIRA, P. T. S. & RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1777-1785, 2011.

PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E. & GOEDERT, W. Atributos físicos e químicos de um latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1441-1448, 2009.

PINHEIRO MACHADO, L. C. **Pastoreio racional voisin: tecnologia agroecológica para o 3º milênio**. 2ª edição, Editora Expressão Popular, São Paulo, 376 p., 2010.

POLLAN, M. **Em defesa da comida**. Tradução de Adalgisa Campos da Silva – Rio de Janeiro: Intrínseca, 272p., 2008.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais**. São Paulo: Nobel, 2ª Edição, p.184, 1986.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, p. 478, 2004.

REICHERT, J. M. et al. Mecânica do Solo. In: JONG VAN LIER, Q. (editor). **Física do Solo**. Viçosa, MG, cap. II, p. 29 – 102, 2010.

RETIÈRE, M. I. & KHATOUNIAN, C. A. Caracterização dos Sistemas Produtores de Leite Visando à Redução de Insumos Externos no Município de Coronel Vivida, Sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Nov. vol. 4, no.2, 2009.

ROCHA, J. M. Da & SIMAN, R. F. Agroecologia: um contraponto à produtividade insustentável da agricultura convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v 2, n 1, p 29-32, fev. 2007.

SANGALETTI, V. Leite a pasto: a experiência de Vista Gaúcha. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 24-32, out/dez, 2002.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S. & TOMM, G. O. Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.4, p.1037-1046, 2009.

SARANDÓN, S. J. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. **Agroecologia**. Vol 1. Facultad de Biología. Universidad de Murcia, 19-20p. 2006.

SAUER, S. & BALESTRO, M. V. **Agroecologia e os desafios da transição Agroecológica**. 1ª Edição, Editora Expressão Popular, São Paulo, 328p., 2009.

SCHAEFER, P. E.; PIZZANI, R.; LOVATO, T.; LUDWIG R. L. & GOULART, R. Z. Atributos físicos e carbono orgânico do solo em sistemas forrageiros em cultivo singular ou em consórcio. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 97, 2012.

SCHMITT, C. J. Transição agroecológica e desenvolvimento rural: um olhar a partir da experiência brasileira. In: SAUER, S. & BALESTRO, M. V. (org.) **Agroecologia e os desafios da transição Agroecológica**. 1ª Edição, Editora Expressão Popular, São Paulo, Cap. 5, p. 177-203, 2009.

SILVA, H. A.; MORAES, H. S. K. A.; GUIMARÃES, V. A.; HACK, E. & CARVALHO, P. C. F. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais – Paraná. **Ciência Rural**, v.38, n.2, mar-abr, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises do solo, plantas e outros materiais**. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174p., 1995. (Boletim Técnico, 5).

VENTURI, M.; GARCIA, K. A.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E.; BONJORNO, I. I.; OROFINO, G. G.; BITTENCOURT, H. V. H.;

LANA, M. A.; SCHELBAUER C.; SETE, P. B.; SANTOS, E.; MARTINS, L. A. & URIARTE, J. F. Indicadores Simples em Plantio Direto Sem Herbicidas na Visão de Agricultores e Técnicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Nov., vol 4, nº 2, 2009.

VERONA, L. A. F. **Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul**. 193p. Tese de Doutorado-Universidade Federal de Pelotas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pelotas, 2008.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 743-755, 2009.

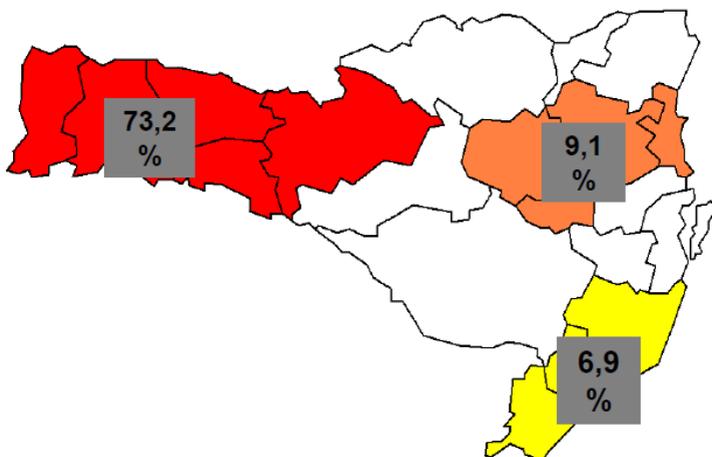
VIEIRA, M. L. **Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Universidade do Oeste de Santa Catarina. São José do Cedro-SC, p.85, 2008. (Apostila da Disciplina de Manejo e Conservação do Solo – Curso de Agronomia).

VOISIN, A. **Produtividade do Pasto**. Tradução de Norma Barcellos Pinheiro Machado e Revisão de Luiz Carlos Pinheiro Machado. Ed. Mestre Jou, São Paulo, 517p. 1974.

ZONTA, E.; MACHADO, A. A. **SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: UFPel., 75 p., 1984.

ANEXOS

ANEXO A – Distribuição da produção de leite de Santa Catarina em 2010



Fonte: IBGE (Pesquisa Pecuária Municipal). Elaboração: CILeite/Embrapa Gado de leite.

Fonte: Epagri/Cepa

ANEXO B – Indicadores de qualidade do solo, características e valores correspondentes

Indicadores de Qualidade do Solo	Valor	Característica
Atividade Biológica do Solo	1	Sem sinais de atividade biológica nas bostas, não se observa minhocas, ou artrópodes.
	5	Se observa algumas minhocas e artrópodes.
	10	Muita atividade biológica, abundante presença de minhocas e artrópodes.
Compactação e Infiltração	1	Solo muito compactado, pouca infiltração.
	5	Presença de uma camada fina compactada, água infiltra muito lentamente.
	10	Solo não compactado e água infiltra facilmente.
Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica	1	Coloração mais clara, odor desagradável e teor baixo de matéria orgânica.
	5	Coloração mais escura, sem odor marcante, com algum grau de matéria orgânica.
	10	Coloração mais escura, odor de terra fresca, se nota a presença abundante de matéria orgânica.
Desenvolvimento de Raízes	1	Raízes pouco desenvolvidas, pequenas e doentes.
	5	Raízes com crescimento limitado, se observa algumas raízes finas.
	10	Raízes com um bom crescimento, saudáveis e profundas, com abundante presença de raízes finas.
Diversidade Vegetal	1	Solo com monocultivo.
	5	Solo com presença de poucas espécies.
	10	Solo com a presença de várias espécies.
Erosão	1	Erosão severa, se percebe erosão laminar e sulcos.
	5	Erosão evidente, porém pouca.
	10	Não há maiores sinais de erosão.
Estados dos Resíduos Orgânicos	1	Pouca palha, sem sinais de decomposição.
	5	Se mantém resíduos de anos anteriores, em processo de decomposição.
	10	Resíduos em vários estados de decomposição.
Estrutura do Solo	1	Solo poeirento, sem agregados visíveis.
	5	Solo solto com poucos agregados que se rompem com leve pressão
	10	Solo com agregados, mantendo a estrutura após leve pressão

ANEXO C – Entrevista com os agricultores Associados da Cooperativa do Trabalhadores da Agricultura Familiar-COOTRAF

Caro agricultor,

Solicitamos a gentileza de responder a entrevista abaixo como forma de apoio á elaboração de Dissertação de Mestrado da aluna Carla Cristina Soldá, cujo objetivo é Avaliar a sustentabilidade de pastagens sob Pastoreio Racional Voisin em comparação com sistema convencional, através de indicadores de qualidade do solo construídos com o conhecimento local dos agricultores, para determinar as causas da degradação do solo e orientar práticas de recuperação. Por se tratar de uma pesquisa puramente acadêmica, garantimos a confidencialidade no processamento de suas respostas. Sua entidade, nem outra Instituição terão acesso aos resultados individualmente.

Nome do Entrevistado:

Data de Aplicação:

1. Identificação Familiar

1.1 Nome, idade e escolaridade:

1.2 Localização:

2. Caracterização da propriedade

2.1 Propriedade agroecológica? () sim () não Se sim, quantos anos?

2.2 Quantos hectares a propriedade possui?

2.3 Quantos destes são destinados a pastagem?

2.4 Quais outras atividades são desenvolvidas na propriedade?

2.3 Quantos animais possui na propriedade e suas raças?

Vacas lactação:

Novilhas:

Bezerras:

Bezerros:

Touro:

Corte:

Outros:

3. Solo

3.1 Como iniciou sua relação com a terra?

3.2 Como identifica (indicadores) terra boa e terra ruim?

- 3.3 Quais os locais na sua propriedade com terra boa ou terra ruim?
- 3.4 Quais ações que podem ser realizar para transformar as terras ruins em boas?
- 3.5 Qual sistema de pastagem que possui?
- 3.6 Há quanto tempo implantou o Pastoreio Racional Voisin?
- 3.7 Percebeu melhorias no solo com o PRV?
- 3.8 Possui melhorias a serem realizadas? Quais?
- 3.9 Qual o manejo nas pastagem?
- 3.10 Quais insumos utiliza?

Assinatura do Agricultor (a)

Data: ____/____/____

ANEXO D – Análise de variância dos indicadores de inverno no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas da variação	MED	DP	VAR	SQ
Indicadores				
Avaliadores	6,46	1,53	2,34	128,92

Valor t (%): 6,96

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente. LEGENDA: MED=média, DP=desvio padrão, VAR=variância, SQ=soma do quadrado.

ANEXO E – Análise de variância dos indicadores de inverno no SPC. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas da variação	MED	DP	VAR	SQ
Indicadores				
Avaliadores	4,73	1,06	1,12	61,98

Valor t (%): 6,96

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente. LEGENDA: MED=média, DP=desvio padrão, VAR=variância, SQ=soma do quadrado.

ANEXO F – Análise de variância dos indicadores de verão no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas da variação	MED	DP	VAR	SQ
Indicadores				
Avaliadores	6,52	1,68	2,83	2899,55

Valor t (%): 3,09

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente. LEGENDA: MED=média, DP=desvio padrão, VAR=variância, SQ=soma do quadrado.

ANEXO G – Análise de variância dos indicadores de inverno no SP PRV. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas da variação	MED	DP	VAR	SQ
Indicadores Avaliadores	5,70	1,27	1,62	2184,0

Valor t (%): 3,09

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente. LEGENDA: MED=média, DP=desvio padrão, VAR=variância, SQ=soma do quadrado.

ANEXO H – Análise de variância da Densidade do solo. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	do Quadrado Médio
Profundidade	1	0,0298971	0,0298971
Propriedade	3	0,0646306	0,0215435
Prof. x Propr.	3	0,0219317	0,0073106
Resíduo	40	0,1710461	0,0042762
Total	47	0,2875055	

Coefficiente de variação (%): 5,176

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente.

ANEXO I – Análise de variância da Porosidade do solo. UFSC, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2012.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	do Quadrado Médio
Profundidade	1	0,0062734	0,0062734
Propriedade	3	0,0070797	0,0023599
Prof. x Propr.	3	0,0078946	0,0026315
Resíduo	40	0,0290307	0,0007258
Total	47	0,0502784	

Coefficiente de variação (%): 5,070

ns, *, **. Não significativo, significativo ($p \leq 0,05$), e significativo a ($p \leq 0,01$), respectivamente.