

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Monike Andrade Pereira

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE ERVA-MATE COM
DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO**

Santa Maria, RS.
2019

Monike Andrade Pereira

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE ERVA-MATE COM
DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Dalvan José Reinert

Santa Maria, RS.
2019

Pereira, Monike Andrade
Crescimento e Produção de Biomassa de Erva-mate com
diferentes plantas de cobertura do solo / Monike Andrade
Pereira.- 2019.
56 p.; 30 cm

Orientador: Dalvan José Reinert
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2019

1. Erva-mate 2. plantas de cobertura do solo 3.
equação de área foliar para erva-mate I. Reinert, Dalvan
José II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Monike Andrade Pereira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

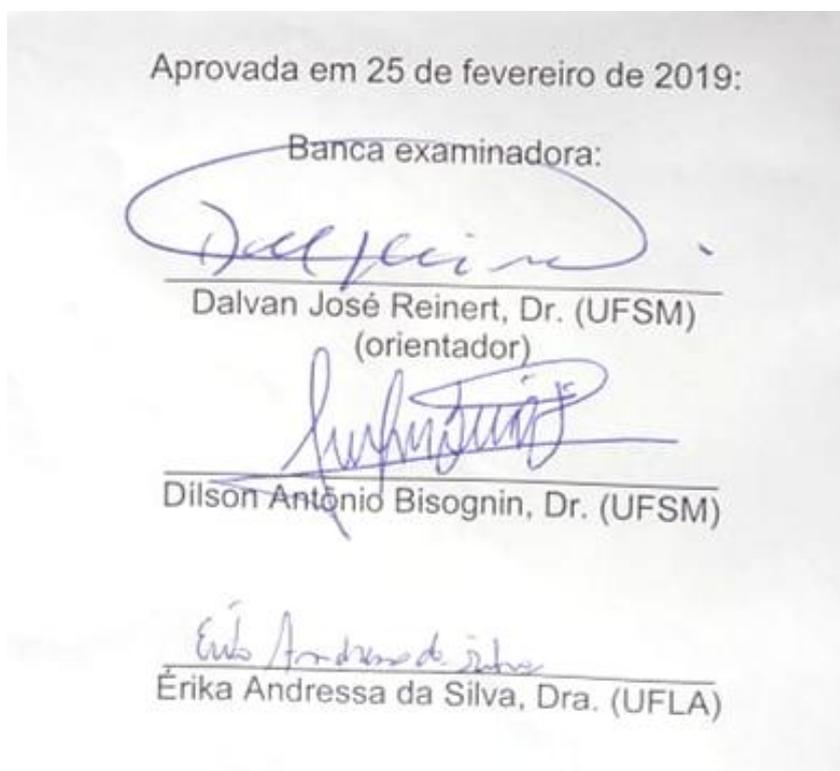
Endereço: Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais , Av. Roraima, n. 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900.

Fone (55) 996244234; E-mail: monikeandrade.pereira@hotmail.com

Monike Andrade Pereira

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE ERVA-MATE COM
DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.



Santa Maria, RS.
2019

DEDICATÓRIA

A Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino e meu guia. A minha família, por todo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À minha família, pelo amor.

Ao professor Dalvan José Reinert, pelos ensinamentos transmitidos, orientação e paciência.

Minha querida amiga Érika Andressa da Silva, por toda ajuda no campo, no laboratório e na vida.

Ao meu namorado Gustavo Melo, pela dose diária de amor, carinho e felicidade.

Ao meu cachorro Jack, luz da minha vida e razão dos meus sorrisos.

A minha querida irmã Caroline Andrade Pereira, por todo apoio, amor e companheirismo.

As amigas, Sarah Pons, Jéssica França, Lethieri Freitas, Camila Maydana pelas aventuras e trabalho de campo.

À Universidade Federal de Santa Maria pelo ensino gratuito e de qualidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos bolsistas de iniciação científica Wilian Foggiato e Felipe Bertol pelo auxílio nas coletas de campo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e contribuíram para a realização deste trabalho.

“Tudo é possível se você se dedicar de cabeça e coração”.

(Bel Pesce)

RESUMO

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE EM ERVA-MATE COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

AUTORA: Monike Andrade Pereira
ORIENTADOR: Dalvan José Reinert

Nos últimos anos, o crescente aumento de plantio de erva-mate fez com que produtores buscassem informações a respeito de práticas de manejo capazes de proporcionar melhorias edáficas e incrementos na produção da erva-mate. É sabido que o estudo silvicultural de espécies nativas como a erva-mate, ainda possui falhas que limitam o processo de produção em escala comercial mais segura e rentável. Por isso à necessidade de estudos que visam contribuir com informações básicas para o manejo de ervais, e assim sugerir medidas que possam reduzir prejuízos e aumentar a produção. O presente estudo tem como objetivo estudar o efeito das plantas de cobertura no crescimento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) O experimento foi em delineamento blocos ao acaso, com quatro blocos e cinco tratamentos: soja perene (SP), amendoim forrageiro (AF), vegetação espontânea roçada (VE), aveia preta+ervilhaca (no período de outono/inverno) e feijão miúdo (no período de primavera/verão) (S1) e aveia preta+nabo forrageiro (no período de outono/inverno) e feijão miúdo (no período de primavera/verão) (S2). O crescimento da erva-mate foi avaliado por meio da medição da altura total, diâmetro a dez centímetros de altura da planta e área foliar. Para estimativa da área foliar foi usado um modelo de equação através do número de folhas contadas por árvore a campo. A poda do erval foi realizada em setembro de 2017 e 2018. A biomassa verde e seca da erva-mate foi obtida após a poda, onde o material foi colhido e pesado verde em balança de campo e posteriormente pesado seco em balança de precisão. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas com anéis metálicos nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm do solo, para determinar a densidade do solo e porosidades. Foi encontrada diferença significativa de crescimento em altura, diâmetro, área foliar, biomassa seca e verde do erval. Os ervais consorciados com amendoim forrageiro apresentaram maior biomassa seca e verde da parte aérea, bem como maior crescimento em altura e diâmetro. Na camada de 20-40 cm verificou-se menor macroporosidade no erval consorciado com AF e o maior valor no S2. Nas condições estudadas, o amendoim forrageiro é a planta de cobertura do solo mais recomendada para ser utilizada em plantios de erva-mate, pois proporcionou melhores condições edáficas para o seu crescimento.

Palavras-chave: Área foliar, crescimento de planta, *Ilex paraguariensis*, manejo de plantas

ABSTRACT

GROWTH AND BIOMASS PRODUCTION OF MATE WITH DIFFERENT SOIL COVERAGE PLANTS

AUTHOR: Monike Andrade Pereira

ADVISOR: Dalvan José Reinert

In recent years, the growing increase in planting of mate has led producers to seek information on management practices capable of providing edaphic improvements and increases in yerba mate production. It is known that the silvicultural study of native species such as mate still has flaws that limit the production process on a commercial scale safer and more profitable. Therefore, the need for studies that aim to contribute with basic information for the management of mate forests, and thus suggest ways that can reduce losses and increase production. The objective of the present study was to study the effect of soil cover crops on the growth of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). The experiment was a randomized complete block design with four blocks and five treatments: perennial soybean (SP), forage peanut (AF), mowed spontaneous vegetation (VE) black oat + vetch (in the fall / winter period) and cowpea (In the spring / summer period) (S1) and black oat + forage turnip (in the fall / winter period) and cowpea (in the spring / summer period) (S2). The growth of the mate was evaluated by measuring the total plant height, diameter at ten centimeters of plant height and total plant leaf area. To estimate the total plant leaf area an model was used relating the number of leaves counted and tree total plant leaf area. Plant formation pruning was carried out in September of 2017 and 2018. Green and dry biomass of the mate was obtained after pruning, where the material was harvested and weighed green on a field scale and then weighed dry on a precision scale. Soil samples with preserved structure were collected with metal rings in the 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm layers of the soil, to determine the soil density and porosities. There was a significant difference in growth, height, diameter, leaf area and in dry and green biomass of the herbs between treatments. The herbaceous intercropped with forage peanut presented greater dry and green shoot biomass, as well as greater growth in height and diameter. In the 20-40 cm layer, there was lower macroporosity in the herbarium consortium with AF and the highest value in S2. Under the conditions studied, forage peanuts are the most recommended soil cover plant to be used in mate plantations, since it provided better soil conditions for its growth.

Keywords: Leaf area, plant growth, *Ilex paraguariensis*, plant management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área experimental no ano de 2014, UFSM em Santa Maria, RS.	24
Figura 2- Croqui da área de estudo e dos respectivos tratamentos aplicados (a) e croqui das árvores medidas e das árvores de bordadura (b).	25
Figura 3 – a) Placa de zinco marcada com número b) identificação de cada árvore no experimento.....	26
Figura 4 – Localização da área experimental no ano de 2017, UFSM em Santa Maria, RS.	29
Figura 5 – a) Roçada das parcelas que continham Vegetação Espontânea (VE) como planta de cobertura do solo, com o auxílio de roçadeira lateral a gasolina; b) área roçada, UFSM 2017.	30
Figura 6 – Coberturas do solo nascendo após a semeadura no sistema de rotação de inverno S1, aveia preta + nabo forrageiro, maio de 2017.....	31
Figura 7 – Tratamento com amendoim forrageiro no período de inverno, após a primeira formação de geada, UFSM, julho de 2017.	31
Figura 8 – Tratamento com soja perene (SP) no período de inverno, UFSM, julho de 2017.	32
Figura 9 – Imagem aérea da área experimental obtida através da utilização de drone, UFSM, Santa Maria/RS.....	33
Figura 10 – Imagem aérea da área experimental, obtida através da utilização de Drone, onde: B1= Bloco 1, B2= bloco 2, B3= bloco 3 e B4= bloco 4 e tratamentos: AF= amendoim forrageiro, S1= Aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo, S2= aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo, SP= soja perene VE=vegetação espontânea,UFSM, Santa Maria/RS.	34
Figura 11 – a) Corte diagonal na poda do Erval com auxílio de um serrote e b) uma tesoura de poda, UFSM, Santa Maria/ RS.	35
Figura 12 – a) Erva-mate acondicionada em sacos de papel e b) secando em estufa.	36
Figura 13 - Contador manual utilizado para contagem do número de folhas de erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A.St. -Hil.) para estimativa da área foliar.....	37
Figura 14 – a) Medição da Altura total da erva-mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.) no tratamento que continha amendoim forrageiro (AF) e b) vegetação espontânea roçada (VE).	38
Figura 15 – a) Coleta de solo na camada 0-5 cm do solo com utilização de anéis metálicos e b) amostras de solo em período de saturação em laboratório.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento em diâmetro (mm) e altura total (cm) de Erva-Mate (<i>Ilex paraguariensis</i>) nos tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE) nos quatro épocas de medição, Santa Maria/RS.	41
Tabela 2- Comparação da Área foliar média estimada a partir do número de folhas de Erva-Mate (<i>Ilex paraguariensis</i>) sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura nos anos de 2017 e 2018.	47
Tabela 3 – Massa verde (kg) e Massa seca (kg) das árvores de Erva-Mate (<i>Ilex paraguariensis</i>) podadas no ano de 2017 e 2018 para os tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE), Santa Maria/RS.	48
Tabela 4 – Densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo em agosto de 2017, para os tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE), Santa Maria/RS.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	HIPÓTESES	15
3	OBJETIVOS	15
3.1	OBJETIVO GERAL	15
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4	REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ERVA-MATE (<i>ILEX PARAGUARIENSIS</i> A.ST.- HIL.).....	16
4.2	PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO	18
4.3	PODA DA ERVA-MATE	20
4.4	ÁREA FOLIAR	22
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA EXPERIMENTAL	24
5.1.1	Localização, características do solo e clima da região	24
5.1.2	Descrição da área experimental.....	25
5.2	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	27
5.2.1	Fase Inicial do Experimento	27
5.2.2	Segunda fase do experimento: a partir de 10 de março de 2017	29
5.2.3	Poda	35
5.2.4	BIOMASSA TOTAL VERDE E SECA DA PARTE AÉREA DA ERVA-MATE	35
5.2.5	Equação da área foliar	36
5.2.6	Diâmetro e altura total	38
5.2.7	COLETA DE SOLO	39
6	ANALISE ESTATÍSTICA	41
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
7.2	EQUAÇÃO PARA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR	45
7.3	BIOMASSA TOTAL VERDE E SECA DA PARTE AÉREA DA ERVA-MATE	48
7.4	PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	49
8	CONCLUSÕES	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma árvore nativa da região austral da América do Sul, sendo encontrada no Brasil, na Argentina e no Paraguai. Tradicionalmente o consumo da erva-mate nesses países ocorre na forma de chimarrão (infusão com água quente) e tererê (infusão com água fria) (BARBOSA, 2017).

O cultivo da erva-mate tem grande importância socioeconômica, pois é realizado majoritariamente por pequenos produtores, comunidades indígenas (guarani) e por grandes ervateiras (CONTINI, et al., 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017 o Brasil produziu 354.398 toneladas de erva-mate, constituindo o principal produto não madeireiro de extração vegetal (IBGE, 2017). Entre os estados produtores, o Paraná é responsável por 85,2% (301.813 toneladas) do total da produção nacional, seguido pelo estado de Santa Catarina com 9,94% (35.250 toneladas), Rio Grande do Sul com 4,84 % (17.163 toneladas) e Mato Grosso do Sul com 0,048% (172 toneladas) (IBGE, 2017).

O Rio grande do Sul de acordo com IBGE, em 2007 produziu aproximadamente oito toneladas a mais em comparação a 2017, ano da última estimativa. Esse fato pode ser atribuído ao manejo inadequado (não conservacionista) e a exploração intensiva da espécie, os quais contribuíram no comprometimento, ou até mesmo, erradicação dos ervais nativos e plantados.

Segundo Daniel (2009), uma das causas da queda na produção dos ervais é o baixo nível de matéria orgânica no solo, associado com a compactação. A utilização de um manejo de solo conservacionista com uso de plantas de cobertura, anuais ou perenes, pode promover a manutenção e/ou melhoria em propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, auxiliando assim na melhoria da estrutura do solo (MALLMANN, 2018).

Inúmeros são os benefícios da utilização das plantas de cobertura do solo, entre os principais estão: cobertura e proteção do solo, aumento da capacidade de retenção de água do solo, diminuição das oscilações térmicas e evaporação, melhorias na mobilização e reciclagem de nutrientes; promoção do aporte de nitrogênio através da fixação biológica e redução da população de plantas invasoras.

Em relação à erva-mate, Andrade (2002) reporta que existem diferentes sistemas de manejo para ervais, no entanto o mais utilizado pelos produtores é não assistido por profissionais capacitados, ou seja, os produtores utilizam técnicas para produção e manejo sem assistência capacitada, o que acarreta em prejuízos financeiros e diminuição da produtividade dos ervais.

É sabido que o estudo silvicultural de espécies nativas ainda possui lacunas que limitam o processo de produção em escala comercial mais segura e rentável. Por isso, há necessidade de estudos que visem contribuir com informações básicas para o manejo de ervais, e que permitam sugerir medidas que possam reduzir prejuízos e aumentar a produção.

Tendo em vista contribuir com as informações básicas para o manejo de ervais e sugerir medidas que aprimorem a produção da erva-mate de maneira sustentável, este trabalho tem por objetivo estudar o efeito das plantas de cobertura no crescimento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil).

2 HIPÓTESES

Os tratamentos com plantas de cobertura melhoram o crescimento e produtividade da Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).

É possível estimar a área foliar da erva-mate através da contagem do número de folhas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o efeito das plantas de cobertura no crescimento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o efeito de diferentes tipos de cobertura do solo no diâmetro da base e altura total da erva mate no 2,7 e 3,7 anos após o plantio.

- Estudar o efeito das plantas de cobertura na produção de biomassa verde e biomassa seca da erva-mate exportada após poda aos 2,7 e 3,7 anos após o plantio.
- Desenvolver equação de estimativa para área foliar da erva-mate através do número de folhas de cada árvore podada e não podada em área com diferentes plantas de cobertura do solo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS* A.ST.-HIL.)

A erva-mate é uma espécie nativa brasileira pertencente à família Aquifoliaceae, popularmente conhecida como erveira (LORENZI, 2009). A área de ocorrência natural compreende o noroeste Argentino, leste do Paraguai e sul do Brasil (SANTOS 2004). A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) representa grande importância econômica, social e ecológica em toda a região sul do Brasil (SOUZA et al., 2008).

De acordo com Wolfe (2005) a erva-mate vegeta preferencialmente em regiões de altitudes maiores, como dos planaltos sul brasileiro, na faixa de variação entre 500 m e 1500 m, podendo ocorrer em outros pontos isolados. As chuvas nestas áreas, em sua maioria, são regulares com precipitação média anual variando de 1250 mm a 2500 mm, distribuídas por todos os meses do ano, promovendo um clima sempre úmido. As temperaturas médias anuais variam geralmente entre 12 °C a 24 °C (GOLFARI et al., 1978).

A espécie é uma árvore de folhas perenes que tem entre quatro e oito metros de altura quando adulta, mas que pode atingir um tamanho maior quando as condições forem favoráveis ao crescimento (LORENZI, 1992). Apresenta tronco cilíndrico, reto ou pouco torto com ramificação racemosa, quase horizontal e copa baixa abaxial (LORENZI, 2009). Além disso, tem casca de coloração cinza-claro a acastanhada, áspera e rugosa, com cerca de 2 cm de espessura, em árvores adultas, velhas e em estado nativo (DANIEL, 2009).

Morfologicamente, a espécie apresenta folhas distribuídas de forma alternada, subcoriáceas até coriáceas, estreitas na base e ligeiramente obtusas no vértice.

Suas bordas possuem pequenos dentes, visíveis da metade do limbo para a extremidade. O pecíolo é relativamente curto, medindo mais ou menos 15 milímetros, e mostra-se um tanto retorcido. A folha inteira mede geralmente de oito a dez centímetros de comprimento por quatro a cinco de largura. Em áreas de matas nativas, onde há menor intensidade de luz, as folhas podem chegar a uma dimensão bem maior, cerca de 23 cm de comprimento com 8 cm a 10 cm de largura (BRAGAGNOLO et al., 1980).

A parte que comercialmente interessa na erva-mate são as folhas, estas quando secas e picadas são utilizadas na forma de chimarrão, tererê, e pode servir como matéria-prima para a fabricação de conservantes, tintas, produtos de limpeza, cosméticos, medicamentos (na preparação de comprimidos, cápsulas, pomadas), na indústria alimentícia, além de ser empregada na gastronomia e em sistemas agroflorestais (RODIGHERI et al., 1995; DANIEL, 2009).

As flores são pequenas, brancas e pouco vistosas (DANIEL, 2009), floresce entre os meses de setembro e dezembro e sua frutificação ocorre nos meses de janeiro a março (BRAGAGNOLO et al., 1980).

A semente da erva-mate possui cor castanho-clara a escura, muito dura, pequena e de forma variável (LORENZI, 2009). A produtividade média das árvores estabiliza-se entre 10 e 12 anos, sendo em torno de 14 kg a 20 kg por árvore. Erveiras nativas, de maior porte, chegam a produzir entre 80 kg e 180 kg de matéria fresca por árvore em podas realizadas entre 3 e 5 anos (BRAGAGNOLO et al., 1980).

A textura dos solos da região de ocorrência da erva-mate é muito variável, preferindo as terras que mostram equilíbrio na presença de areia, argila e silte. É frequente em solos de texturas médias (entre 15% e 35% de argila) e argilosa (acima de 35%). A erva-mate prefere os solos medianamente profundos, não ocorrendo (ou com ocorrência esparsa) em solos rasos (litólicos) ou com impedimentos (WOLFE, 2005). O plantio em solos muito revolvidos por lavouras geralmente é evitado, uma vez que há ausência de endomicorrizas, o que determina menor desenvolvimento para as plantas (OLIVEIRA e ROTTA, 1985).

Para o estabelecimento da erva mate, a condição ótima está implícita no seu habitat natural, caracterizado pelo sombreamento e, conseqüente preservação da umidade. Isto é proporcionado pelos estratos dominantes das florestas subtropicais (CORVELLO & FONSECA, 1992)

4.2 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

O crescente aumento de preço dos insumos e o declínio da produtividade, decorrente do mau uso dos solos, fizeram com que os agricultores voltassem sua atenção para a prática da adubação verde e plantas de cobertura (RUFATO et al., 2006).

A utilização desta prática conservacionista é uma importante ferramenta para melhorar a qualidade física do solo, tanto na proteção da superfície quanto no aporte de fitomassa proveniente da parte aérea e raízes (SOUZA et al., 2014).

As coberturas do solo podem ser naturais ou implantadas, permanentes ou periódicas, verdes ou mortas (*mulch*) (PHILIPOVSKY et al., 2004). Para Silva et al., (2009), entre as características desejáveis para a seleção de espécies de cobertura, destacam-se a produção de fitomassa e a capacidade de acumular N, pela fixação biológica ou pela absorção do nutriente no solo.

Guerra & Teixeira, (1997); Perin, (2001); Duda et al., (2003) relatam diversos benefícios das plantas de cobertura em relação a qualidade do solo, como a proteção do solo contra os agentes climáticos, aumento do teor de matéria orgânica do solo, mobilidade e reciclagem de nutriente, e favorecimento da atividade biológica do solo.

Todavia, apesar dos efeitos benéficos à qualidade do solo, não são muitos os trabalhos realizados com plantas de cobertura do solo para a erva-mate (Daniel, 2009), mas têm sido notados efeitos positivos nas características químicas e biológicas dos solos onde a adubação verde é utilizada.

Em estudo realizado por Mayol et al., (1997) foram descritas as principais funções da cobertura ou adubação verde no agroecossistema ervateiro, sendo estas: proteção do solo contra chuvas de alta intensidade; manutenção de elevada infiltração de água, por efeito combinado do sistema radicular com a cobertura do solo; promoção de grande e contínuo aporte de biomassa; aumento da capacidade de retenção de água do solo; atenuação das oscilações térmicas nos estratos superficiais do solo e diminuição da evaporação; recuperação de solos degradados, através do efeito mecânico das raízes sobre horizontes compactados; promover a capacidade de reciclagem mais eficiente de nutrientes; diminuição da lixiviação de nutrientes, especialmente do nitrogênio; contribuição para o aporte de nitrogênio através da fixação biológica em função do uso de leguminosas; redução da

população de plantas invasoras; contribuição para melhorias na eficiência dos fertilizantes químicos e promoção de condições ambientais favoráveis para o incremento da microflora e microfauna do solo.

Estudando o efeito da infiltração de água no solo com o uso de plantas de cobertura, Mallmann (2018) alega que o tempo de utilização de plantas de cobertura em sistemas de produção, quantidade de material aportado em superfície do solo, ou a cobertura morta e principalmente o crescimento das raízes são fatores que afetam as propriedades físico-químicas do solo.

A adubação verde utiliza espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano (PERIN et al., 2003) e pode ser utilizada para recuperação do solo, proteção e favorecimento da produtividade da erva-mate (PICCOLO, 1992).

Em um estudo realizado por Calegari (2008) em relação às plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto, o autor alega que as coberturas verdes podem ser plantadas consorciadas ou em cultivo singular (não consorciadas) e também se podem consorciar leguminosas ou gramíneas ou, ainda, misturar duas, três ou mais espécies. Este autor ainda ressalta que em cultivos singulares, a decomposição das leguminosas resultará em maiores perdas de nitrogênio (por mineralização ou lixiviação), quando comparadas a das gramíneas. Antes de selecionar a espécie a ser utilizada é ideal realizar um planejamento do cultivo de plantas a serem usadas como cobertura do solo, sendo fundamental conhecer o histórico da área que será cultivada, as condições edafoclimáticas específicas, assim como as finalidades propostas (suprimento e nitrogênio, aumento de carbono orgânico do solo, diminuição de pragas e doenças, controle de plantas daninhas, entre outros), além de conhecer com profundidade a espécie que será utilizada.

A escolha de espécies vegetais para a finalidade de planta de cobertura do solo depende, dentre outras características, do potencial de produção de fitomassa e da capacidade de absorver e acumular nutrientes (SOUZA & GUIMARÃES 2013). De acordo com Albuquerque et al., (2013) essas características têm grande valor no sistema solo-planta por estarem diretamente relacionadas à ciclagem de nutrientes disponibilizados para as plantas.

A decomposição da massa vegetal é uma variável importante na ciclagem de nutrientes, que, por sua vez, está altamente relacionada com a capacidade de absorção das diferentes espécies de plantas de cobertura (Teixeira et al., 2010).

Segundo Miyasaka et al., (1984) das espécies utilizadas como adubo verde, normalmente as leguminosas, devido à favorável relação C/N, decompõem-se mais rapidamente que as gramíneas e por isso apresentam efeitos menos prolongados no solo. De tal modo Ambrosano et al. (2005), relatam que as gramíneas (Poaceae) produzem resíduos com maior permanência no solo, devido à maior relação C/N, porém, as leguminosas (Fabaceae) possuem resíduos de melhor qualidade e trazem melhores resultados, pois são capazes de adicionar nutriente através da fixação biológica do N atmosférico, contribuindo para o aumento da disponibilidade de N, além de ciclar outros nutrientes para culturas em sucessão (PERIN et al., 2004).

Espindola et al. (2006), relataram que para o consórcio com culturas perenes, destacam-se as leguminosas herbáceas perenes, as quais são capazes de rebrotar após o corte, formando uma cobertura permanente no solo, diferentemente das leguminosas anuais.

O cultivo consorciado de plantas de cobertura gramíneas com leguminosas pode ser uma alternativa viável para o sistema de rotação quanto ao fornecimento de maior quantidade e qualidade de fitomassa (PERIN et al., 2004; 2006).

Ademais, parte dos produtores de erva-mate tem utilizado a prática de consórcio de seus plantios com culturas de subsistência buscando uma renda financeira adicional e diminuição de custos destinados à produção de erva-mate (MEDRADO, 2002).

Altos índices de produtividade e maior rentabilidade dependem fundamentalmente da capacidade produtiva dos solos, que, por sua vez, é dependente de seu uso e manejo (SILVA et al., 2009).

4.3 PODA DA ERVA-MATE

Nos primeiros sistemas de cultivo, em função da reduzida assistência técnica, a condução dos ervais era realizada sem nenhum tipo de planejamento (MEDRADO et al., 2002). Embora, nos dias atuais sejam notadas mudanças no sistema de plantio e manejo dos ervais, ainda ocorrem práticas inadequadas, resultando em fatores negativos no avanço da silvicultura da espécie (SOUZA et al., 2008).

No que se refere ao manejo e produção agrícola da erva-mate pode-se dar destaque especial à poda. A operação de poda constitui-se basicamente na colheita comercial, com o corte de parte das folhas e ramos da planta (WOLF, 2005).

O objetivo da poda na erva-mate é manter o crescimento equilibrado, retirando algumas partes da planta para permitir melhor arejamento e facilitar a entrada de luz, e assim dar condição para a sua estruturação e desenvolvimento (Wolf, 2005). A poda geralmente torna a planta mais produtiva, por aumentar o volume de folhas, sendo a parte da árvore de maior interesse comercial.

Cabe salientar que existem diferentes tipos de podas que podem ser realizadas durante o cultivo dos ervais, e que as modalidades de poda estão intimamente relacionadas às fases de crescimento da planta e podem ser realizadas desde a fase de planta jovem até a sua velhice (DA CROCE E FLOSS, 1993). Entre as diferentes modalidades de poda destacam-se as podas de formação em viveiro, formação a campo, de exploração e de rejuvenescimento.

A poda da erva-mate tem como principal objetivo a quebra da dominância apical das erveiras. Além disso, traz diversos benefícios para a planta: aumenta a produção, melhora a arquitetura da copa da árvore, proporcionando crescimento de maior quantidade de ramos vegetativos, mantem a planta com um porte conveniente ao seu manejo, modifica a tendência natural da árvore em produzir mais lenho, em detrimento dos ramos vegetativos; conduz a copa da árvore a uma forma desejada; suprime os ramos supérfluos, inconvenientes, doentes ou mortos; regula a alternância das safras, de modo a obter, com regularidade, colheitas com produções médias (DA CROCE, 1997).

A poda de formação permite que se projete o formato da erveira, dando-lhe uma copa tipo cálice, que consiste em aparar-se a haste principal da erveira e eliminar todos os galhos tortos e entrelaçados. Também são cortados os brotos e os galhos que nascem na base do tronco e os galhos que tomam a direção vertical (Da Croce e Floss 1999). Este tipo de poda deve ser feita no segundo ou terceiro ano de implantação, com o objetivo de quebrar a dominância apical, favorecer o crescimento lateral e eliminar os ramos mal formados, podendo assim ser efetuada com tesoura, evitando-se o quebramento da madeira no corte (ANSELMO, 1992).

Tendo em vista estudos realizados por Kricun e Belingheri (2003), os autores relatam que a poda de formação realizada aos três anos de idade, no mês de

setembro, exibiu maior produtividade dos ervais, do que as podas realizadas em setembro e novembro do primeiro ano e junho do segundo ano.

Segundo dados da Emater (1991), a época ideal para podar as erveiras é no inverno, antes de ocorrer nova brotação. As folhas estão maduras e a erva está em repouso fisiológico. Normalmente as erveiras são colhidas de maio a setembro, havendo concentração nos meses de junho e julho.

Em geral, a frequência com que a poda é realizada é determinada pelo próprio produtor em acordo com as ervateiras. Nos ervais plantados, produtores têm recomendado podas anuais ou a cada dois anos. Retira-se em torno de 70% das folhas de cada erva, deixando-se o restante dos galhos e folhas para manter a estrutura da árvore e acelerar a recuperação (WOLF, 2005).

As podas em ervais são realizadas com base no conhecimento empírico, com pouca fundamentação científica, a poda de produção ou formação é realizada, geralmente, por agricultores e técnicos empregando-se uma série de variações, onde não é possível identificar quais técnicas empregadas são relevantes para o aumento da produção de folhas e conseqüentemente para a redução de custos nos ervais. Nesse sentido, Da Croce e Floss (1999), destacam que há necessidade de informações mais particularizadas e precisas que possam indicar ao produtor a melhor forma de manejar o erval.

4.4 ÁREA FOLIAR

A importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida por ser um parâmetro indicativo de produtividade, quando o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química, ou seja, a superfície foliar de uma planta é a base do rendimento potencial da cultura. (FAVARIN et al., 2002). A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta (MONTEIRO et al., 2005).

Medidas simples e acuradas de área foliar são de interesse para pesquisas que envolvem as interações entre o crescimento das plantas e seu ambiente (BOSCO et al., 2012), pois, o conhecimento da área foliar da planta, permite a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que

participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (Pereira et al., 1997).

Existem inúmeras possibilidades para se determinar a área foliar e, normalmente, são utilizadas técnicas destrutivas como: scanners, câmeras fotográficas ou planímetros. No entanto, estas técnicas não são adequadas a medições de acompanhamento do crescimento das plantas (LU et al., 2004),

A busca de métodos fáceis de serem executados, rápidos, não destrutivos e que estimem a área foliar com precisão torna-se importante para avaliar o crescimento das plantas nas condições de campo (CUNHA et al., 2010).

De acordo com LIMA E SILVA et al., (2004), métodos de medição não destrutivos podem ser mais eficientes, pois, além de não comprometerem a avaliação de outros parâmetros dependentes da área foliar, reduzem a variabilidade associada a procedimentos de amostragem.

Considerando estes preceitos, foram desenvolvidas equações matemáticas para estimação da área foliar (Almeida et al., 2006). Esse método tem sido utilizado por diversos autores para estimar a área foliar, (FAVARIN et al., 2002; CARVALHO, S. J. P. & CHRISTOFFOLETI, P. J. 2007; MONTEIRO et al., 2005; BRAGA et al., 2018; SILVA et al., 2013), demonstrando que essa técnica é uma importante ferramenta para estimar a área foliar.

Em relação à erva-mate (*Ilex paraguariensis*) uma metodologia para a determinação de sua área foliar sem destruir a amostra é de grande importância. Na literatura há predominantemente equações matemáticas que se utilizam de variáveis como comprimento e largura máxima das folhas ou a relação entre as mesmas para estimativa da área foliar. No entanto, não há equações matemáticas que tenham aplicado o número de folhas por árvore, para a estimativa da área foliar dessa espécie florestal.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA EXPERIMENTAL

5.1.1 Localização, características do solo e clima da região

O experimento foi instalado em novembro de 2014, na área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, geograficamente situada entre as coordenadas 29°68' de latitude Sul e 53°81' de longitude Oeste de Greenwich.

Figura 1- Localização da área experimental no ano de 2014, UFSM em Santa Maria, RS.



Fonte: Google Earth (2014).

A classificação climática segundo Köppen é Cfa: Clima temperado úmido com verão quente (FABRES, 2009). A temperatura média anual do município de Santa Maria é de 19,2 °C, sendo que a temperatura média do mês mais frio é de, aproximadamente, 13,8 °C e a precipitação pluviométrica total anual é de, aproximadamente, 1708 mm (MALUF, 2000).

De acordo com Pereira (1989), Santa Maria situa-se numa zona de transição entre o Planalto Meridional Brasileiro e a Depressão Central do Rio Grande do Sul. A

região de Santa Maria é ocupada pelos campos limpos e pela floresta subcaducifólia subtropical, esta última caracterizando a Serra Geral (SARTORI, 1979).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto (EMBRAPA 2013) e Typic Hapludalf (Soil Taxonomy), com textura franco arenosa até 40 cm de profundidade e densidade de partícula média de $2,59 \text{ g cm}^{-3}$ (ROCHA, 2018).

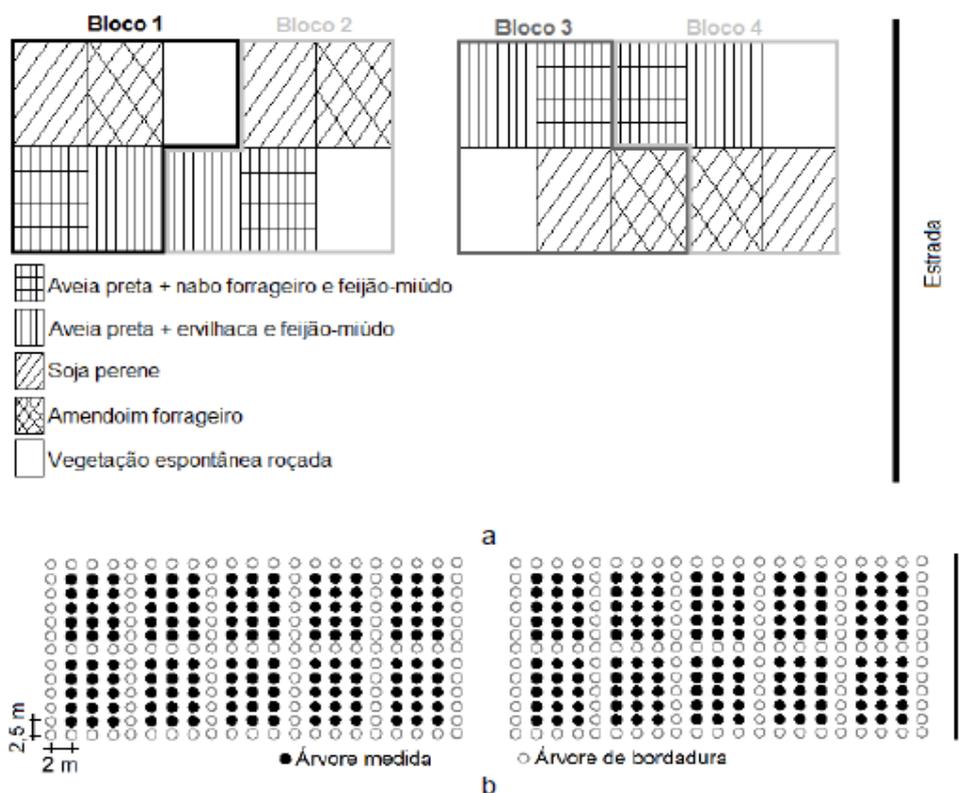
5.1.2 Descrição da área experimental

A área experimental, onde foi instalado o experimento, permaneceu em pousio por aproximadamente 15 anos. A partir de 2004, passou a ser utilizada para o plantio de aveia no inverno e soja no verão, em sistema de semeadura direta (KAISER, 2010). Entre 2007 - 2010, nessa área experimental foi conduzido um experimento, com o objetivo de avaliar o efeito de sistemas de manejo do solo cultivado com milho. No período de 2010 a 2014 foi cultivada aveia preta na área experimental. De 2014 até o presente momento a área experimental foi cultivada com erva-mate e diferentes plantas de cobertura do solo.

O plantio de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) foi realizado em espaçamento de 2,0 x 2,5 m, sendo 35 plantas em cada unidade experimental.

O presente estudo foi iniciado no ano de 2017, quando o povoamento de erva-mate se encontrava com 2,3 anos de idade. O delineamento empregado no experimento foi blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições (blocos). As unidades experimentais têm 17,5 x 10 m e possuem uma bordadura simples (Figura 2), completando uma área total do experimento de 0,308 ha.

Figura 2– Croqui da área de estudo e dos respectivos tratamentos aplicados (a) e croqui das árvores medidas e das árvores de bordadura (b).



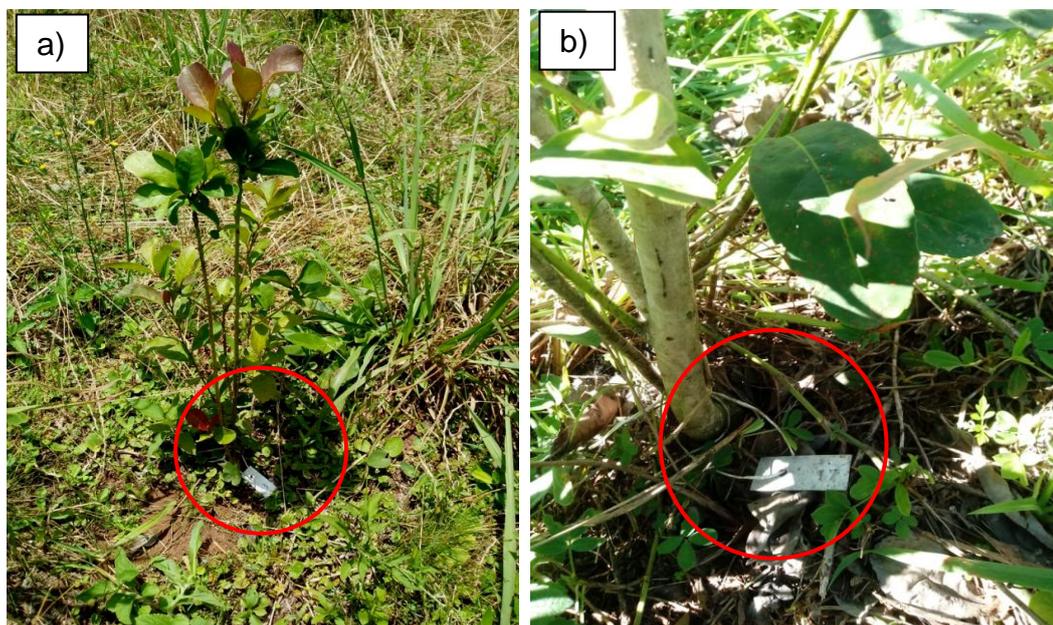
Fonte: Rocha (2018).

No ano de 2014 foram plantadas 700 mudas de erva-mate, incluindo as plantas de bordadura. Em julho de 2017 foram contabilizados 432 indivíduos. Muitas árvores morreram devido às adversidades de clima, mas cabe ressaltar que o índice de mortalidade, conforme demonstrado por Rocha (2018) foi diretamente influenciado pelas plantas de cobertura do solo de cada parcela.

As árvores foram identificadas com placas de zinco com aproximadamente 5 cm de comprimento por 2 cm de largura, contendo um número de identificação (Figura 3) para cada árvore no experimento.

Figura 3 – a) Placa de zinco marcada com número b) identificação de cada árvore no experimento.

As árvores foram identificadas com placas de zinco com aproximadamente 5 cm de comprimento por 2 cm de largura, contendo um número de identificação



Fonte: Autora (2017).

5.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

5.2.1 Fase Inicial do Experimento

O preparo do solo para o plantio das mudas de erva-mate foi feito por meio de três gradagens, utilizando trator (Massey Ferguson 275) acoplado a uma grade do tipo off-set, na área total do experimento, na qual havia cultivo de aveia preta (Rocha, 2018).

As mudas de erva-mate foram produzidas pela empresa Ambiflora, localizada em Chapecó, Santa Catarina, utilizando sementes do pomar da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Conforme a metodologia de Rocha (2018), as mudas de aproximadamente 15 cm, foram plantadas no campo em dezembro de 2014 por meio de coveamento manual. O plantio foi feito com espaçamento de 2,0 x 2,5 m, com 35 plantas em cada unidade experimental.

A adubação de plantio foi feita conforme a recomendação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC (2004), utilizando uréia (45g), superfosfato simples (56g) e cloreto de potássio (17g), considerando as características químicas do solo antes da instalação do

experimento. De acordo com Rocha (2018), antes da instalação do experimento, a camada de 0,0-0,05 m apresentava-se com as seguintes características químicas: pH (água) de 5,2, 2 dag kg⁻¹ de matéria orgânica do solo, 12,4 mg dm⁻³ de fósforo (método de Mehlich), 69,3 mg dm⁻³ de potássio, 2,3 cmolc dm⁻³ de Cálcio, 0,7 cmolc dm⁻³ de magnésio e 4,5 cmolc dm⁻³ de H+Al.

O adubo foi misturado com o solo e colocado em quatro covas feitas próximas da muda. Foi realizada apenas a adubação de plantio, e desde então não foi feito mais nenhuma aplicação de adubo no experimento, além da proporcionada pela ciclagem de nutrientes das plantas de cobertura do solo.

Logo após o plantio foi colocada uma lâmina de madeira (3 mm x 40 cm) em cada uma das mudas, na posição oeste, para protegê-las do sol da tarde, ficando as demais posições livres para receber a luminosidade. Foram colocadas a 25 cm de distância das mudas e retiradas 6 meses após o plantio (Rocha, 2018).

Os tratamentos consistiram em cinco tipos de cobertura do solo, que foram semeadas e plantadas na linha e na entrelinha de plantio em novembro de 2014. Antes da introdução das plantas de cobertura foi realizada uma limpeza na área com auxílio de uma enxada rotativa manual objetivando eliminar plantas daninhas invasoras (Rocha, 2018). A seguir são detalhados os tratamentos:

- Soja perene (*Neonotonia wightii*) (SP): a soja perene foi semeada à lanço com densidade de semeadura de 6 kg ha⁻¹. Até o estabelecimento da soja perene, o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual.
- Amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) (AF): o amendoim forrageiro foi plantado por meio de estolões da planta, com um espaçamento entrelinhas de 0,25 m. O controle das plantas daninhas neste tratamento foi feito pelo método manual.
- Vegetação espontânea roçada (VE): A vegetação espontânea foi e continuará sendo roçada periodicamente com uma roçadeira costal a gasolina, aproximadamente, uma ou duas vezes por mês. Nesse tratamento predominam gramíneas, como papuã, tiririca, capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-annoni (*Eragrostis plana*). Também foi observada a presença de caraguatá (*Bromelia pinguin*) e bulva.
- Aveia preta (*Avena strigosa*) + nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e feijão-miúdo (*Vigna unguiculata*) (S1 – sistema de rotação 1): a combinação aveia preta + nabo forrageiro é cultivada no período entre outono/inverno e o feijão-miúdo no período entre primavera/verão. A aveia preta e nabo forrageiro foram e

continuarão sendo semeados à lanço com porcentagens de 30% e 70% do total recomendado por hectare, respectivamente. Para o nabo forrageiro e para a aveia preta são recomendados 15 e 90 kg ha⁻¹, respectivamente. O feijão-miúdo foi e continuará sendo semeado com uma densidade de 60 kg ha⁻¹, contendo 12 sementes por metro linear, aproximadamente a 10 cm de profundidade do solo e com espaçamento de 0,40 m.

- Aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e feijão-miúdo (*Vigna unguiculata*) (S2 – sistema de rotação 2): a combinação aveia preta + ervilhaca foi e continuará sendo semeada no período entre outono/inverno e o feijão-miúdo no período entre primavera/verão. A aveia preta e a ervilhaca foram e continuarão sendo semeadas à lanço com porcentagens de 45 e 55% do total recomendado por hectare, respectivamente, sendo recomendado 80 kg ha⁻¹ para a ervilhaca e 90 kg ha⁻¹ para a aveia preta. O feijão-miúdo foi e continuará sendo semeado com uma densidade de 60 kg ha⁻¹, contendo 12 sementes por metro linear, aproximadamente a 10 cm de profundidade do solo e com espaçamento de 0,40 m.

A metodologia de plantio para os sistemas de rotação S1 (S1- sistema de rotação 1) e S2 (S2- sistema de rotação 2) foi a mesma descrita por Rocha (2018), onde as culturas de outono/inverno composta por aveia preta + nabo forrageiro e aveia preta + ervilhaca foram semeadas manualmente na linha e entrelinhas das parcelas, e a cultura de primavera/verão composta pelo feijão-miúdo, foi plantada com auxílio de uma plantadeira manual (matraca/saraquí).

Nos 12 meses iniciais, após implantação do experimento, foi utilizada irrigação, conforme a necessidade das culturas, com auxílio de um sistema de aspersão. A fim de evitar a matocompetição realizou-se o coroamento das mudas, com diâmetro de aproximadamente 1 metro. O controle de pragas e doenças foi feito continuamente (Rocha, 2018).

5.2.2 Segunda fase do experimento: a partir de 10 de março de 2017

A localização da área experimental atualizada do ano de 2017 pode ser vista na Figura 4, onde é possível visualizar o erval já implantado.

Figura 4 – Localização da área experimental no ano de 2017, UFSM em Santa Maria, RS.



Fonte: Google Earth (2017).

Os trabalhos de campo na área experimental envolveram os seguintes passos:

Foi realizado o controle da matocompetição através do coroamento, com auxílio de uma enxada manual, principalmente nas parcelas de soja perene e nos sistemas de rotação S1 e S2. As parcelas que continham vegetação espontânea foram roçadas regularmente com roçadeira lateral a gasolina (Figura 5).

Figura 5 – a) Roçada das parcelas que continham Vegetação Espontânea (VE) como planta de cobertura do solo, com o auxílio de roçadeira lateral a gasolina; b) área roçada, UFSM 2017.



Fonte: Autora, (2017).

Na semeadura das plantas de cobertura anuais em S1 e S2 seguiu-se a metodologia descrita por Rocha (2018).

Figura 6 – Coberturas do solo nascendo após a semeadura no sistema de rotação de inverno S1, aveia preta + nabo forrageiro, maio de 2017.



Fonte: Autora, (2017).

No período do inverno, nos tratamentos AF, SP e VE não são necessária semeadura das plantas de cobertura, devido ao fato destas espécies serem perenes. Nas figuras 7 e 8 notou-se que os tratamentos AF e SP no período do inverno formavam uma camada de resíduos na superfície do solo, mas, como ambas as espécies são perenes elas rebrotaram sem a necessidade de replantio.

Figura 7 – Tratamento com amendoim forrageiro no período de inverno, após a primeira formação de geada, UFSM, julho de 2017.



Fonte: Autora, (2017).

Figura 8 – Tratamento com soja perene (SP) no período de inverno, UFSM, julho de 2017.



Fonte: Autora, (2017).

Durante o período de condução do experimento não houve necessidade de aplicação de produtos para o controle de doenças, mas foi necessário realizar controle de formigas através de iscas formicidas em determinadas épocas do ano. Em nenhum momento utilizou-se herbicida e adubo. As figuras 9 e 10 são imagens aéreas da área experimental, onde é notório a diferença dos tratamentos e o

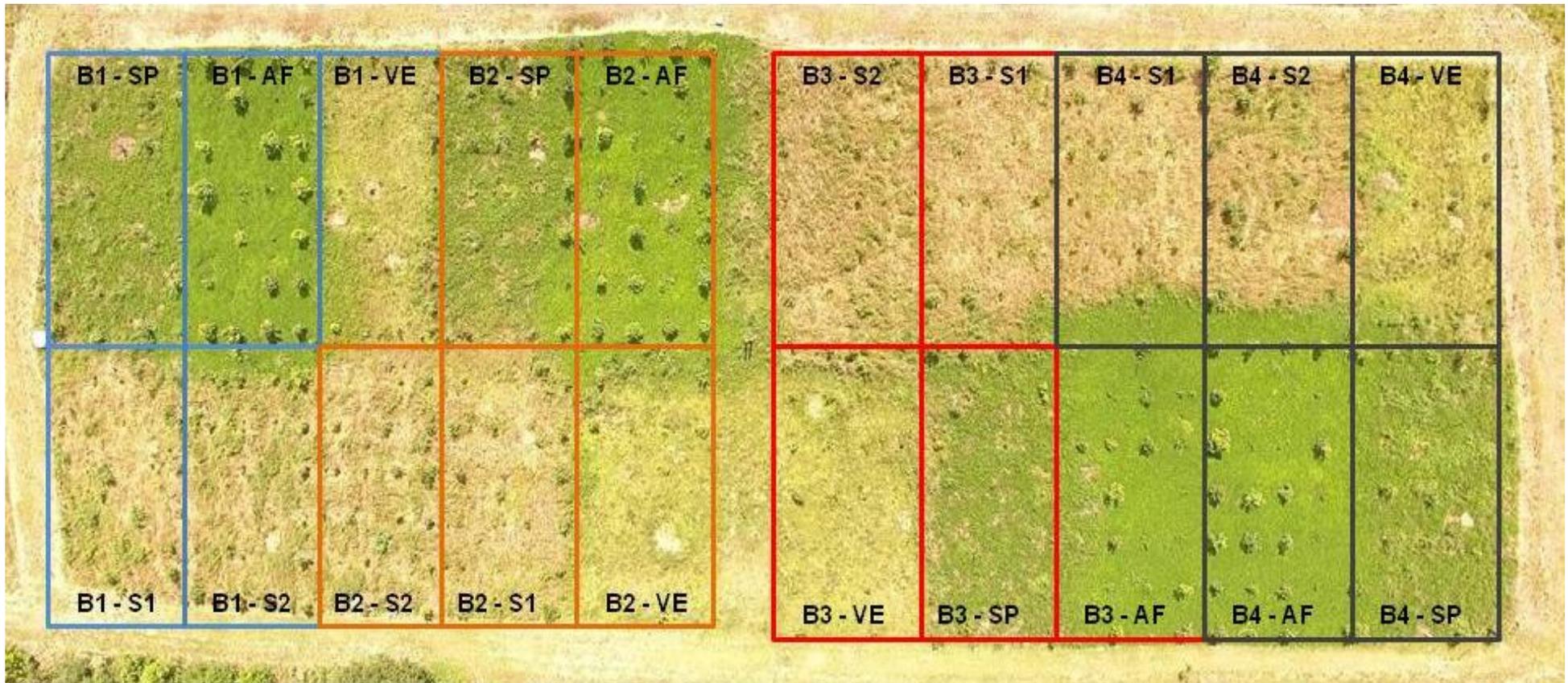
crescimento da erva-mate. Note-se que a primeira poda de formação foi realizada em 20/09/2017, como descrita logo abaixo.

Figura 9 – Imagem aérea da área experimental obtida através da utilização de drone, UFSM, Santa Maria/RS.



Fonte: Reinert, (2017) – em 04/10/2017.

Figura 10 – Imagem aérea da área experimental, obtida através da utilização de Drone, onde: B1= Bloco 1, B2= bloco 2, B3= bloco 3 e B4= bloco 4 e tratamentos: AF= amendoim forrageiro, S1= Aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo, S2= aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo, SP= soja perene VE=vegetação espontânea,UFSM, Santa Maria/RS.



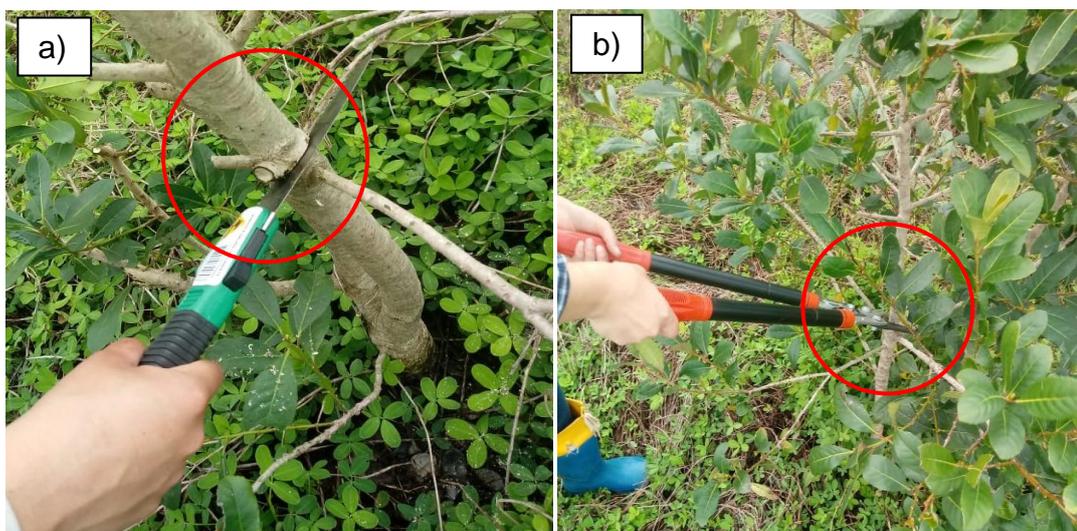
Fonte: Reinert, (2017) – em 04/10/2017.

5.2.3 Poda

As parcelas foram subdivididas e metade das árvores sofreram poda no ano de 2017 e a outra metade em 2018. A primeira poda de formação foi realizada no dia 20 de setembro de 2017, quando o erval estava com 2 anos e 7 meses de idade. As demais árvores que não foram podadas na primeira poda sofreram a poda de formação no dia 18 de setembro de 2018 quando o erval estava com 3 anos e 7 meses de idade.

A poda foi realizada com material apropriado, tal como serrote para poda e uma tesoura de poda (Figura 10) com corte diagonal em local do caule que orientasse a brotação de novos galhos e impossibilitasse o acúmulo de água. As árvores foram podadas a 30-40 cm de altura, com o intuito de diminuir a dominância apical e estimular as brotações laterais.

Figura 11 – a) Corte diagonal na poda do Erval com auxílio de um serrote e b) uma tesoura de poda, UFSM, Santa Maria/ RS.



Fonte: Autora, (2018).

O material recolhido das plantas oriundo da poda foi acondicionado em sacos plásticos identificados com o número da árvore e pesados no campo.

5.2.4 Biomassa total verde e seca da parte aérea da Erva-mate

A parte aérea foi coletada no dia da poda e posteriormente desgalhada e pesada em uma balança de campo (dinamômetro) de capacidade 20 kg.

O material fresco foi acondicionado em sacos de papel e levados para secar em estufa a 60° (figura 12) por 96 horas, ou até atingir peso constante. Depois de seca foi pesada em balança de precisão para a obtenção da massa seca de cada indivíduo.

Figura 12 – a) Erva-mate acondicionada em sacos de papel e b) secando em estufa.



Fonte: Autora, (2017).

5.2.5 Equação da área foliar

Para estimar a área foliar da erva-mate, foi utilizado um banco de dados da área foliar para erva-mate de todas as árvores e tratamentos do experimento de Rocha (2018), utilizado pela autora para estimar a área foliar na época 3 do seu estudo, usando a variável largura das folhas e uma equação quadrática. O conjunto de dados continha área foliar, largura da folha e número de folhas. Esses dados geraram estimativas para cada folha da erva-mate, que somados obtivemos a área foliar de cada planta de erva-mate. A partir disso foi criado um novo conjunto de dados com o respectivo número de folhas por planta de erva-mate.

A equação selecionada para uso neste trabalho foi a utilizada por Rocha (2018) na época 3, foi utilizada a equação quadrática com a largura da folha (L) como variável independente.

$$AF = 0,85.L^2 + 4,3.L - 6,10 \quad (1)$$

O dados de área foliar da época 3 geraram as estimativas de cada folha e foram somadas para cada planta totalizando a área foliar por planta. A partir desses dados obteve-se outro conjunto de dados com área foliar para cada planta do experimento com respectivo número de folhas. Devido ao grande número de folhas por árvore foi gerado nova relação para estimar a área foliar por planta a partir do número de folhas de cada planta. A equação ajustada entre área foliar por planta e número de folhas apresentou $R^2 = 0,90$ e encontra-se abaixo.

$$Af = 15,8334.NF - 21,7849 \quad (2)$$

Em que:

Af: área foliar

NF: número de folhas

Em novembro de 2017 e setembro de 2018 foi realizada a contagem do número de folhas de todas as árvores do estudo para estimar a área foliar por planta de erva-mate. Em cada uma das épocas foi utilizado contador manual e caneta marca texto para identificar as folhas contadas e evitar erros (Figura 13).

Figura 13 - Contador manual utilizado para contagem do número de folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St. -Hil.) para estimativa da área foliar.



Fonte: Autora, (2018).

5.2.6 Diâmetro e altura total

Para avaliar o crescimento da erva-mate foram realizadas medições das variáveis dendrométricas, altura total e diâmetro do caule a 10 cm de altura do solo das árvores centrais de cada unidade experimental, excluindo-se as linhas com as árvores de bordadura. As medições de altura e diâmetro foram realizadas, respectivamente, com auxílio de uma trena métrica (Figura 14), e um paquímetro digital (Figura 14). As alturas totais e diâmetros foram obtidos nos meses de agosto e novembro de 2017 e, março, agosto de 2018.

Figura 14 – a) Medição da Altura total da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) no tratamento que continha amendoim forrageiro (AF) e b) vegetação espontânea roçada (VE).



Fonte: Autora, (2018).

5.2.7 Coleta de Solo

Em agosto de 2017 foi realizada a coleta de amostras de solo com estrutura preservada nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Foi cavada uma trincheira de 50 cm de profundidade em cada unidade experimental, totalizando 20 pontos de coleta. As amostras foram coletadas com auxílio de anéis metálicos, para obtenção de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, sendo utilizados 3 anéis por camada, ou seja, três repetições.

A metodologia utilizada para análise das amostras foi a descrita pela EMBRAPA (2017), onde as amostras de solo foram acondicionadas em bandejas e a seguir adicionado água até que o nível ficasse próximo à borda do cilindro de metal. As amostras de solo foram saturadas durante 48 horas (Figura 15), pesadas em balança de precisão e então submetidas à tensão de 6 kPa (REINERT; REICHERT, 2006) onde permaneceram por 36h após estabelecer equilíbrio entre a água retida da amostra e a tensão utilizada. A seguir as amostras foram colocadas em estufa a 105° até atingirem peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão para obtenção da massa seca do solo.

Para a obtenção das propriedades físicas do solo amostrado (densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade) utilizou-se as seguintes expressões matemáticas:

$$Ds = b/c \quad (3)$$

$$Pt = Mac + Mic \quad (4)$$

$$Mac = (d - a)/c \quad (5)$$

$$Mic = \left(\frac{a-b}{c}\right) \quad (6)$$

Em que:

Ds: densidade do solo (g cm^3);

Pt: porosidade total ($\text{m}^3 \text{ m}^3$);

Mac: Macroporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^3$);

Mic: Microporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^3$);

a: Peso da amostra após ser submetida a uma tensão na coluna de água (g);

b: Peso da amostra seca a 105° (g);

c: Volume do cilindro (cm^3);

d: Peso da amostra saturada (g).

Figura 15 – a) Coleta de solo na camada 0-5 cm do solo com utilização de anéis metálicos e b) amostras de solo em período de saturação em laboratório.



Fonte: Autora, (2017).

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados avaliados foram submetidos a teste de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada a análise de variância dos dados com o programa estatístico SAS 9.3. Quando a análise de variância indicou diferença significativa, foi realizado o teste de Tukey para comparação de médias entre os sistemas de manejo do solo com plantas de cobertura, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Altura e diâmetro

A análise de variância indicou diferença significativa para diâmetro com CV de 6,49%, onde 98,2% da variabilidade do diâmetro obtido das quatro épocas de medições são explicados conjuntamente pelos fatores tempo e tratamento. Da mesma forma, a variável altura também apresentou valores significativos ($p= 0.0367$) com CV de 5,63% nas quatro épocas de medições da Erva-mate.

Como houve diferença significativa na interação entre os fatores tempo e tratamento, realizou-se o teste de média (Tukey 5%) considerando cada época de medição do experimento.

Os dados referentes à altura total e diâmetro de crescimento das árvores de Erva-mate (*Ilex paraguariensis*) nas quatro épocas de medição, se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Crescimento em diâmetro (mm) e altura total (cm) de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*) nos tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE) nos quatro épocas de medição, Santa Maria/RS.

Diâmetro (mm)					
Época	AF	S1	S2	SP	VE
1	26,239 a	16,174 b	17,475 b	15,583 bc	11,100 c
2	32,886 a	19,538 b	22,402 b	19,104 b	12,976 c
3	35,853 a	21,880 b	26,641 b	23,066 b	14,215 c
4	40,623 a	25,979 b	27,745 b	24,670 b	17,290 c

Altura (cm)

Época	AF	S1	S2	SP	VE
1	119,929 a	81,652 b	92,164 b	77,886 b	51,964 c
2	140,607 a	92,938 b	101,907 b	89,490 b	60,986 c
3	149,071 a	92,464 b	109,393 b	98,107 b	66,912 c
4	157,773 a	100,833 b	110,514 b	101,921 b	67,936 c

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade de erro. Época 1: agosto de 2017; época 2: novembro de 2017; época 3: março de 2018 e época 4: agosto de 2018.

O tratamento AF foi superior no crescimento em altura e diâmetro das árvores em todas as épocas de medição. Com relação ao diâmetro, na época 1 o tratamento SP não diferiu significativamente do tratamento VE. Mas o diâmetro médio do tratamento AF foi de 26,239 milímetros, com 9 a 15 milímetros a mais do que as árvores dos tratamentos S1, S2 e SP. Também cabe destacar que o tratamento que continha AF como planta de cobertura apresentou uma diferença média altamente significativa, de 15 a 23 milímetros de diâmetro a mais em relação às árvores do tratamento VE. A maior diferença foi constatada na época quatro, onde as árvores do tratamento AF apresentaram um diâmetro médio de 40,623 milímetros e o tratamento VE 17,290 milímetros de diâmetro.

Para a variável altura, na época de medição 1 o tratamento AF apresentou maior média (119,929 cm), diferindo significativamente do tratamento VE (51,964 cm). Portanto, comparando os tratamentos, verificou-se uma diferença média de 68 centímetros entre os tratamentos AF e VE na época 1.

Como o observado para o diâmetro da época 4, também foi observada maior diferença em altura entre os tratamentos AF (157,773 cm) e VE (67,936 cm), sendo que no tratamento AF as árvores de erva-mate tiveram um crescimento superior ao tratamento VE em 90 cm.

No tratamento AF o crescimento da erva-mate pode ter sido influenciado pelo conteúdo de água e temperatura do solo. Em um estudo realizado por Rocha (2018), a autora verificou maior teor de umidade e temperaturas mais baixas nos tratamentos que tinham como plantas de cobertura a leguminosa amendoim forrageiro, principalmente na primavera/verão onde foram constatadas altas temperaturas na região. A autora alega que o amendoim forrageiro formou um ambiente propício para o crescimento da erva-mate. Resultados semelhantes foram encontrados por Teodoro et al., (2011), que ao estudar leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura verdes permanentes do solo, constataram

que a temperatura do solo em tratamentos com amendoim forrageiro e soja perene foram reduzindo conforme o tempo de permanência no solo, sendo que aos 150 dias de avaliação as 14 horas, o tratamento com amendoim forrageiro apresentava uma temperatura média de 30,2 graus e a soja perene 31,8 graus, já o tratamento testemunha diferiu de todos, com uma temperatura média de 42,4 graus.

Outro fator que pode ter influenciado no maior crescimento da erva-mate é o aporte de nitrogênio proporcionado pelos resíduos do amendoim forrageiro (AF). O cultivo de leguminosas torna possível a disponibilização de N pelo processo de fixação biológica, onde elevadas quantidades de N são acumuladas na parte aérea de leguminosas, o que se reflete em maiores teores desse nutriente no solo, quando os resíduos vegetais são incorporados ou deixados em cobertura na superfície do solo (Espindola et al., 2005). Contudo, espécies leguminosas, por apresentar baixa relação C/N (<25) disponibilizam rapidamente N orgânico, e apresentam rápida taxa de decomposição dos seus resíduos, o que faz com que o solo fique desprotegido já na fase inicial do desenvolvimento de culturas sucessoras (Silva et al., 2006). Embora seja uma leguminosa, o amendoim forrageiro (AF) utilizado no presente estudo é uma espécie perene que morre no período de inverno com a formação de geadas, mas rebrota rapidamente, antes de ser totalmente decompostas, formando uma espessa camada de resíduos na superfície do solo.

É notório que as árvores do tratamento VE, em relação aos demais tratamentos, cresceram poucos centímetros durante as quatro épocas de medição (Tabela 1). O baixo crescimento das árvores da VE pode estar relacionado ao fato de este tratamento ser composto por plantas de cobertura do solo nativas, com capacidade de produção de biomassa inferior aos dos tratamentos com amendoim forrageiro, aveia preta+ ervilhaca e feijão miúdo, aveia preta+ nabo forrageiro e feijão miúdo e soja perene (Rocha, 2018). Resultados semelhantes foram observados por Wolschick et al., (2016) que ao avaliar a cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura, como: vegetação espontânea (predomínio das espécies *Sonchus oleraceus* L., *Lolium multiflorum* e *Trifolium repens*), aveia preta (*Avena strigosa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa*), também constataram menor acúmulo de nutrientes no tratamento com vegetação espontânea.

Silva et al. (2014), ao estudar a palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão,

constatou que a utilização de diferentes espécies de plantas de cobertura tem seus distintos aspectos de acúmulo de nutrientes, sendo que a área com vegetação espontânea de maneira geral apresentou menor acúmulo de nutrientes na palhada, comparada as plantas de cobertura como Milheto (*Pennisetum americanum* L.), Guandu (*Cajanus cajan*), Mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy) e Crotalaria Juncea (*Crotalaria juncea* L.), mostrando a importância das plantas de cobertura na ciclagem de maiores quantidades de nutrientes ao solo, e que conseqüentemente poderiam ser absorvidos pelas plantas sucessoras.

Rocha (2018), a partir do monitoramento do conteúdo de água e temperatura do solo, observou logo nos primeiros anos de condução deste experimento, que o solo sob VE detinha o menor conteúdo de água e as temperaturas mais elevadas. Estas condições de solo, certamente influenciaram negativamente o desempenho em crescimento das plantas de erva-mate deste tratamento.

Os tratamentos que continham sistemas de rotação de inverno/verão com o consorcio de leguminosas e gramíneas (S1 e S2) não diferiram entre si, apresentando um crescimento médio tanto na altura como no diâmetro da erva-mate. Ao avaliar a influência de coberturas de inverno e de sistemas de preparo do solo na produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.), com utilização das espécies: aveia preta (*Avena strigosa*), tremoço azul (*Lupinus angustifolius*), azevém comum (*Lolium multiflorum*), ervilhaca peluda (*Vicia pilosa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), mistura de ervilhaca peluda + nabo forrageiro + tremoço azul e vegetação espontânea (testemunha), Philipovsky et al., (2004) relataram que a menor produtividade da erva-mate foi observada no tratamento em que foi mantida apenas a vegetação espontânea composta por gramíneas, e a maior foi alcançada com o uso da leguminosa tremoço como planta de cobertura.

Os tratamentos que continham SP não diferiram dos tratamentos S1 e S2. Porém a soja perene (SP) é uma espécie oportunista, que acaba crescendo e abafando a erva-mate, necessitando de manutenção constante, como capina (coroamento) e roçadas. Desta forma, o cultivo da erva-mate em associação a soja perene como planta de cobertura se torna um trabalho oneroso, visto que grande parte dos produtores de erva-mate possui mão de obra familiar, e não disponibilizam recursos e tempo para roçadas e capinas constantemente.

Teodoro et al., (2011) também ressaltam a importância de plantas de cobertura para inibição de plantas espontâneas invasoras. Os autores constaram

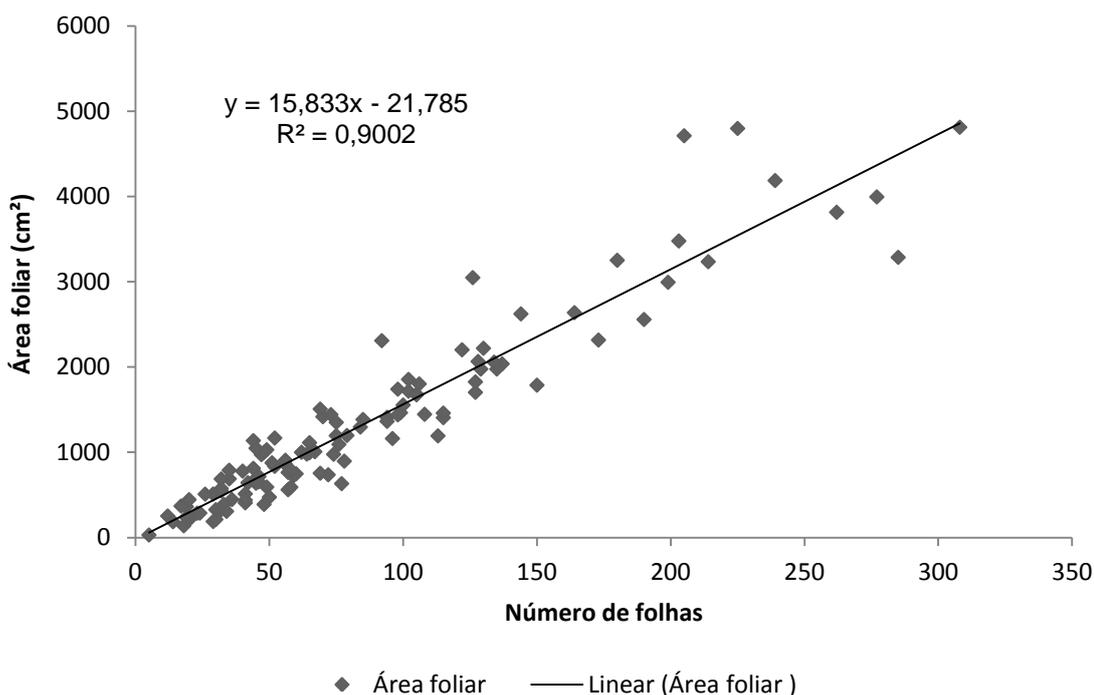
que passou o estágio inicial de crescimento das leguminosas forrageiras como o amendoim forrageiro, a capacidade de inibição ocorre por meio de competição das leguminosas pelos fatores de crescimento e de possíveis efeitos alelopáticos, com a produção de determinados compostos inibidores, que reduzem a presença das espontâneas, o que reflete na menor necessidade de mão de obra para seu controle.

7.2 Equação para estimativa da área foliar

É notória a importância do conhecimento do índice de área foliar em culturas perenes, sendo uma das características mais difíceis de ser mensurada, mas extremamente útil para a avaliação das influências das várias práticas culturais como poda, adubação, irrigação, entre outros (FAVARIN et al., 2002). Entretanto, ainda são poucos os estudos que visam à estimativa da área foliar a partir do número de folhas, pois normalmente, nas pesquisas científicas são utilizadas para estimativas de área foliar variáveis como comprimento e largura das folhas da cultura.

Para o presente estudo, a equação de regressão utilizada para a estimativa da área foliar do erval apresentou resultados satisfatórios (Figura 16), com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9002$, o que indica que 90% das variações existentes na área foliar da erva-mate, podem ser explicadas pelo modelo matemático aplicado. Resultados semelhantes foram encontrados por Favarin et al., (2002) que também observaram que equações obtidas a partir do número de folhas foram capazes de estimar com eficiência a área foliar dos cafeeiros.

Figura 16 - Modelo de calibração para estimativa da área foliar da erva-mate a partir do número de folhas por planta.



Fonte: Autora, (2018).

Nesse sentido, para este trabalho, a equação desenvolvida através da utilização do número de folhas se mostra uma importante ferramenta para a avaliação da área foliar da erva-mate, uma vez que não são necessárias medidas lineares como comprimento e largura das folhas. Além disso, detém as vantagens de ser um método de baixo custo, boa precisão e não destrutivo, ou seja, sem a necessidade de destruir as folhas. Isso é extremamente relevante, já que as folhas são a parte que comercialmente interessa na erva-mate. Mas cabe ressaltar, que a altura das erveiras, bem como a possibilidade de erro na contagem das folhas, pode ser um fator limitante a aplicação da variável número de folhas em equações para estimativa da área foliar.

A utilização das dimensões lineares, comprimento e largura, proporcionou uma estimativa satisfatória da área foliar em aceroleira ($R^2 = 0.91$) (Lucena et. al. 2011). Mas, Braga et al., (2018), ao estudarem modelos matemáticos para a estimativa da área foliar de *Tectonas grandis* L.f. constataram que ao considerar apenas uma dimensão, comprimento ou largura máxima do limbo foliar, os modelos matemáticos estimadores da área foliar não apresentaram resultados satisfatórios, com um coeficiente de determinação (R^2) inferior a $< 0,8$.

Ao estimar a área foliar através das dimensões das folhas (comprimento e largura), é provável que se obtenham resultados variados, uma vez que as folhas

das árvores, em função das condições ambientais as quais são expostas podem variar em tamanho. Braga et al., (2017), afirmam que devido a diferenças nutricionais e principalmente, disponibilidade de luz para a atividade fotossintética, as folhas podem variar em tamanho, o que pode comprometer o uso de parâmetros como comprimento e largura em equações para estimativa da área foliar (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007).

A partir do número de folhas contadas de cada árvore e de cada tratamento foram calculadas as áreas foliares para o ano de 2017 e 2018. Ao avaliar a interação entre os fatores tempo e tratamento na estimativa da área foliar do erval, verificou-se que houve diferença no crescimento da erva-mate ao longo do tempo (Tabela 2).

Todavia, foi realizada análise de variância entre tratamentos para cada ano, e foram estatisticamente significativas pelo teste F, para $p = 0,05$, com coeficientes de determinação de 0,84 (ano 2017) e 0,89 (ano 2018). Deste modo, indicando que o tratamento em que a erva-mate é cultivada afeta significativamente a área foliar do erval.

Tabela 2- Comparação da Área foliar média estimada a partir do número de folhas de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*) sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura nos anos de 2017 e 2018.

Ano	Área Foliar (cm ²)					
	AF	S1	S2	SP	VE	CV%
2017	23539 a	7817 b	7976 b	6737b	2611b	33,83
2018	23369 a	5026 b	6570 b	7100b	2259 b	48,333

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade de erro.

No ano de 2017 e 2018 a erva-mate cultivada em consórcio com a planta de cobertura amendoim forrageiro (AF) apresentou maior média de área foliar (Tabela 2). Os tratamentos S1, S2, SP não diferiram entre si, apresentando médias com valores bem próximos. Embora, o sistema de cultivo da erva-mate consorciada com vegetação espontânea esteja distinguindo-se estatisticamente apenas do tratamento consorciado com amendoim forrageiro (AF), observa-se que a área foliar do erval com vegetação espontânea é inferior aos demais consórcios com outras plantas de cobertura.

Com exceção do manejo com soja perene, observou-se que nos demais manejos com plantas de cobertura a área foliar do erval no ano de 2018 foi menor que o observado em 2017 (Tabela 2). Cabe lembrar que as unidades experimentais

do erval foram subdivididas, para que metade das árvores sofresse a poda de formação em 2017 com 2 anos e 7 meses e a outra em 2018 com 3 anos e 7 meses de idade, ou seja, com o intervalo de um ano de crescimento entre as árvores. Entretanto um ano de diferença entre as árvores não foi expressivo para que em 2018 a área foliar estimada fosse maior que a de 2017. Isso pode estar relacionado com a época de contagem das folhas em cada ano, sendo que no ano de 2017 foi realizada a contagem na primavera e no ano de 2018 no inverno.

7.3 Biomassa total verde e seca da parte aérea da Erva-mate

A biomassa verde e seca da parte aérea da erva-mate, para os anos de 2017 e 2018, quando foram realizadas as podas de formação do erval estão apresentadas na Tabela 3. Nota-se que houve diferenças estatísticas significativas, para $p = 0,05$, indicando que a média obtida da biomassa verde e seca da erva-mate é significativamente diferente conforme o sistema adotado com plantas de cobertura.

Nos anos de 2017 e 2018 (Tabela 3), as plantas de erva-mate consorciadas com AF apresentaram maior média de biomassa verde e seca e os demais tratamentos não diferiram entre si. O manejo do erval com vegetação espontânea apresentou médias muito baixas para biomassa verde (0,0898 kg) e seca (0,0228 kg) em 2017.

Tabela 3 – Massa verde (kg) e Massa seca (kg) das árvores de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*) podadas no ano de 2017 e 2018 para os tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE), Santa Maria/RS.

		Biomassa (kg) 2017				
		AF	S1	S2	SP	VE
MV		1,2241 a	0,2738 b	0,3075 b	0,2062 b	0,0898 b
MS		0,4224 a	0,0995 b	0,0855 b	0,0652 b	0,0228 b
		Biomassa (kg) 2018				
		AF	S1	S2	SP	VE
MV		5,0318 a	0,6816 b	1,1070 b	1,1698 b	0,2781 b
MS		1,1460 a	0,1640 b	0,2575 b	0,2694 b	0,0727 b

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade de erro.

É notória a diferença em biomassa seca e verde obtidas nos ervais de um ano para o outro (Tabela 3). Em 2018 as árvores de erva-mate foram podadas quando

estavam com 3 anos e 9 meses, enquanto no ano de 2017, os ervais podados estavam com 2 anos e 9 meses. Campos (1991) ao estudar o balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *ilex paraguariensis* na safra e na safrinha, constatou um aumento considerável no peso de matéria seca de folhas, talos e galhos, em consequência do crescimento no período compreendido entre as duas colheitas. Desta forma, os resultados deste trabalho, confirmam que conforme aumenta a idade do povoamento de erva-mate, ocorre maior incremento em biomassa total acima do solo.

Em 2018, as árvores em consórcio com o AF foram as que mais produziram biomassa, com médias de 5,0318 kg de biomassa verde e 1,1460 kg de biomassa seca, ou seja, houve um efeito positivo do amendoim forrageiro no crescimento da erva-mate. O tratamento controle VE não diferiu dos tratamentos S1, S2 e SP nos períodos avaliados 2017-2018.

A erva-mate consorciada com soja perene apresentou a segunda maior média de produção de biomassa verde e seca na poda realizada em 2018, porém cabe ressaltar que a soja perene é uma planta de cobertura do solo trepadeira, que pode trazer danos a erva-mate, necessitando de capinas e coroamentos frequentes, exigindo demasiada manutenção no erval.

A produção de biomassa em povoamentos de erva-mate, quando comparada com aquelas obtidas, para outras espécies florestais como *Eucaliptus saligna* (POGGIANI et al., 1983) e *Pinus kesiya*, (DAS & RAMAKRISHNAN, 1987), é considerada baixa, devida ao fato da erva mate ser uma espécie de crescimento moderado, enquanto outras espécies florestais apresentam crescimento rápido.

Além disso, as características edáfica do local do estudo, já que o erval está situado em um solo não característico para erva-mate, com classe textural franco arenosa até 40 cm de profundidade, com baixo teor de argila e alto teor de areia fina (ROCHA, 2018), podem justificar as baixas produções de biomassa dos ervais, inferiores a aquelas observadas em localidades de ocorrência natural desta espécie florestal (Campos 1991).

7.4 Propriedades físicas do solo

Para atributos físicos do solo como densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade não foram observadas diferenças significativas

entre os tratamentos nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha (2018), ao avaliar o solo da mesma área experimental. Em diversos trabalhos, o uso de plantas de cobertura do solo como adubação verde interferiu positivamente nas propriedades físicas do solo principalmente pela adição de matéria orgânica.

Tabela 4 – Densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo em agosto de 2017, para os tratamentos: Amendoim forrageiro (AF), aveia preta + nabo forrageiro e feijão miúdo (S1), aveia preta + ervilhaca e feijão miúdo (S2), Soja perene (SP) e Vegetação espontânea roçada (VE), Santa Maria/RS.

Densidade do solo (g cm^{-3})				
Tratamentos	Camadas (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
AF	1,43 a	1,63 a	1,59 a	1,69 a
S1	1,42 a	1,60 a	1,69 a	1,72 a
S2	1,45 a	1,62 a	1,67 a	1,61 a
SP	1,44 a	1,62 a	1,69 a	1,64 a
VE	1,46 a	1,64 a	1,69 a	1,68 a
Macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)				
Tratamentos	Camadas (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
AF	0,18 a	0,12 a	0,13 a	0,09 a
S1	0,18 a	0,11 a	0,12 a	0,11 ab
S2	0,17 a	0,14 a	0,11 a	0,12 b
SP	0,18 a	0,12 a	0,10 a	0,11 ab
VE	0,18 a	0,12 a	0,14 a	0,10 ab
Microporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)				
Tratamentos	Camadas (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
AF	0,25 a	0,25 a	0,26 a	0,24 ab
S1	0,28 a	0,25 a	0,25 a	0,27 b
S2	0,26 a	0,24 a	0,24 a	0,23 a
SP	0,27 a	0,25 a	0,24 a	0,24 ab
VE	0,27 a	0,25 a	0,25 a	0,25 ab
Porosidade total ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)				
Tratamentos	Camadas (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
AF	0,43 a	0,37 a	0,39 a	0,33 a

S1	0,46 a	0,36 a	0,37 a	0,38 b
S2	0,43 a	0,38 a	0,36 a	0,35 ab
SP	0,45 a	0,37 a	0,34 a	0,36 ab
VE	0,45 a	0,36 a	0,38 a	0,34 ab

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste tukey a 5% de probabilidade de erro.

Apenas na camada 20-40 cm houve diferenças em macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo (Tabela 4). O menor valor de macroporosidade foi verificado no consórcio da erva mate com AF ($0,09 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e o maior no consórcio S2 ($0,12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$).

Nota-se que na camada mais profunda (20-40 cm) o cultivo do solo com a utilização de plantas de cobertura modificou a estrutura do solo, aumentando a densidade no consórcio erva-mate com S1 e diminuindo a macroporosidade no consórcio do erval com AF.

De maneira geral, observa-se que a porosidade total em quase todos os tratamentos diminui com a profundidade. Segundo com Klein e Libardi (2002), em solos sob semeadura direta, alterações na estrutura do solo decorrentes do manejo podem ser perceptíveis até 50 cm de profundidade.

Assim como no caso da densidade do solo, a macro, microporosidade e porosidade total nas camadas de 0-20 cm de profundidade não foram afetadas pelas plantas de cobertura, indicando que talvez seja necessário um período de tempo mais longo de realização do experimento para que as diferentes plantas de cobertura expressem seus benefícios em relação às propriedades físicas do solo.

8 CONCLUSÕES

A erva-mate pode ser cultivada nas condições de solo do presente estudo, desde que seja feito o uso de plantas de cobertura, devido aos benefícios que estas disponibilizam ao solo, proporcionando melhores condições de crescimento ao erval.

A equação desenvolvida para estimar a área foliar apresentou resultados satisfatórios, podendo ser uma alternativa como método não destrutivo para estimar a área foliar da erva-mate.

A erva-mate consorciada com o amendoim forrageiro apresentou maior quantidade de biomassa verde e seca da parte aérea e aumento no crescimento.

Portanto, esta planta de cobertura exerceu efeitos positivos no desenvolvimento dos ervais.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBUQUERQUE AW et al., Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 17, p 721-726, 2013.

ALMEIDA, G. D. de et al. Estimativa de área foliar de graviola (*Annona muricata* L.) por meio de dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 13, n. 24, p 54, 2006.

AMBROSANO, E. J. et al. **Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto**. Informações Agrônomicas: Potafós. Piracicaba: n. 112, p. 1-16, 2005. (Boletim técnico, n. 112).

ANDRADE, F. M. **Exploração, manejo e potencial socioeconômico da erva-mate**. IN: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Org.). Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais. São Paulo: SENAC, 2002. p. 19-34.

ANSELMO, C. Plantacion de yerba mate. In: CURSO DE CAPACITACIÓN EN PRODUCCIÓN DE YERBA MATE, 1., 1992, Cerro Azul. **Curso...** Cerro Azul: INTA, 1992. p. 23-26.

BARBOSA, J. Z. **Contribuição de Variáveis de Solo E Planta para a Composição Elementar De Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 2017. Dissertação de mestrado (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 105p, 2017.

BRAGA, N. S. et al. Modelos Matemáticos Para Estimativa De Área Foliar De Teca (*Tectona grandis* L. f.). **Revista Nucleus**, v.15, n.2, 2018.

BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; KLOSOVSKI FILHO, L. **Manual Técnico de erva-mate**. Curitiba: ACARPA/EMATER, 1980. 40 p.

BOSCO, L. C. et al., Seleção de modelos de regressão para estimar a área foliar de macieiras 'Royal gala 'e' Fuji suprema' sob tela antigranizo e em céu aberto. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, Bahia. Vol. 34, n. 2, p. 504-514, 2012.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 122, p. 18-21, jun. 2008.

CAMPOS, M. A. A., **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis***. Avaliação na safra e na safrinha. Dissertação de mestrado (Mestrado em engenharia florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1991. 118p.

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero *Amaranthus* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 317-324, 2007.

CONTINI, A. A., REGO, F. L. H., BENATTI, L. A. C., COSTA, R. B., Avaliação do desenvolvimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) nativas da região de Caarapó - MS. **Revista Multitemas**. Campo Grande-MS, n. 31, p. 5-14, set. 2004.

CORVELLO, W. B. V.; FONSECA, J. F. Sistema agroflorestal e plantio de enriquecimento em mata nativa com erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) no sul do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata, 1992. p. 1029-1036.

CUNHA, J. L. X. L. et al., Comparação de Métodos de Área Foliar em *Chrysobalanus icaco* L. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.6, n.3, p.22-27, 2010.

DANIEL, O. **Erva-mate**: sistema de produção e processamento industrial. Dourados: Editora da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 2009. 288 p.

DA CROCE, D. M. Poda de erva-mate: novos métodos desenvolvidos pela EPAGRI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVAMATE, 2, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 351-357. (Documentos, 33).

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. Comportamento de procedência de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para a região oeste e norte de Santa Catarina. **Relatório de pesquisa**, Curitiba: EMBRAPA/CNPQ, 1993.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI-SC, 1999. 81p. (Boletim Técnico, 100).

DAS, A. K. & RAMAKRISHNAN, P. S. Above-ground biomass and nutrient contents in age series of Khasi pine (*Pinus kesiya*). **Journal Elsevier**. Forest Ecology and Management: 61-72, 1987.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

EMATER – EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTENCIA TECNICA E EXTENÇÃO RURAL. **Manual da erva-mate**. 2 ed. Curitiba: EMATER - Paraná, 1991. 104p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 306 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. S. Adubação verde com leguminosas / Embrapa Agrobiologia – Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 49 p. (Coleção Saber).

ESPINDOLA, J. A. A. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

FABRES, T. A. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafocliática referente à região de Santa Maria, RS**. 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz de Aquino. Piracicaba. 2009.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D.; GARCÍA, A. y G.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. da G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

GOLFARI, L.; CASER, R. C.; MOURA, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. Belo Horizonte: **Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado**, 1978. 66p. (Série Técnica, PRODEPEF, 11).

GOOGLE MAPS BRASIL. Área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. 1 mapa, color. Disponível em:< <https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 16 junho 2018.

GOOGLE MAPS BRASIL. Área experimental do departamento de solos da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. 1 mapa, color. Disponível em:< <https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 24 outubro 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. 1990-2017, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=22621&t=destaques>>=> Acesso dia: 13 de dezembro 2018.

KAISER, D. R. **Estrutura e água em Argissolo sob distintos preparos na cultura do milho**. 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 857-867, 2002.

KRICUN, S. D. P.; BELINGHERI, Y. L. D. Épocas de poda de formação a campo em plantaciones de yerba mate. In: 3º CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA MATE, 3, 2003, Chapecó/SC. **Anais...** Chapecó/SC: 1ª Feira do Agronegócio de Erva-Mate, 2003. p.1-5.

LIMA E SILVA, P. S.; BARBIN, D.; GONÇALVES, R. J. S.; FIRMINO, J. D. C.; FONSECA, I. C. Leaf area estimates of custard apple tree progenies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.558-560, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, v. 1. p 31, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2009. 384 p.

LU, H. Y.; LU, C. T.; WEI, M. L.; CHAN, F. L. Comparison of different models for non destructive leaf area estimation in taro. **Agronomy Journal**, Amsterdam, v.96, p.448-453, 2004.

LUCENA, R. R. M. de et al., Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, 2011.

MALLMANN, M. S.; **Infiltração de água no solo condicionada pelo uso de plantas de cobertura**. Santa Maria: UFSM, 2018. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MEDRADO, M. J. S. **Uso de coberturas verdes de solo nas entrelinhas de erva-mate**. Colombo: EMBRAPA, 2002. p.7. Comunicado técnico 84.

MAYOL, R. M. et al. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Misiones. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul. *Yerba mate: Resúmenes INTA. EEA Cerro Azul*, 1997.

MIYASAKA, S.; GALLO, J. R.; SILVA, J. G. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBACAO VERDE, 1., 1983, Rio de Janeiro. **A adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

MONTEIRO, J. E. B. A. et al. **Estimação Da Área Foliar Do Algodoeiro Por Meio De Dimensões E Massa Das Folhas**. Bragantia, Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005.

OLIVEIRA, Y. M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CPNPF, 1985. p. 17-36. (Documentos n. 15).

PEREIRA, P. R. B. et al. Contribuição a Geografia Física do Município de Santa Maria: Unidades de Paisagem. In: **Geografia: Ensino & Pesquisa**. Santa Maria, (3): 37-68, 1989.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v. 26, n. 3, p. 713-720, 2002.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.35-40, 2004.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

PERIN, A. et al. Crotalária e milheto como adubos verdes para a produção de milho nos trópicos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63,n.5, p.453-459, 2006.

PICCOLO, G. **Abonos y cubiertas verdes en yerbales**. In: I Curso de Capacitacion em Produccion de Yerba Mate (Misiones: 1992) INTA-CENTRONACIONAL DE MISSIONES. p. 55-60. 1992.

PHILIPPOVSKY, J. F.; DEDECEK, R. A.; MEDRADO, M. J. S. Conservação do solo na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* S. Hill.) pelo uso de coberturas verdes de inverno. **Boletim de pesquisa florestal**, n.48, p. 3-13, jan./jun. 2004.

POGGIANI, F. et al. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de povoamentos de *Eucalyptus saligna*. Piracicaba. **Instituto de pesquisa e Estudos Florestais - IPEF**, (25), 37-39, 1983. (periódico).

RASBAND, W. S. **ImajeJ**. USA, 2007. Version 1.42. National Institute of Health. Available in: <<http://rsbweb.nih.gov/ij/>>. Access: 22 nov. 2018.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo- protótipos e teste. **Ciência Rural**, v. 36, p.1931-1935, 2006.

RODIGUERI, H. R.; SCHLOSSNACHER NETO, L.; CICHACZEWSKI, I. F. **Custos, produtividade e renda da erva-mate cultivada na Região de Guarapuava, PR**. Colombo: EMBRAPA, 1995, 22p.. Circular Técnica, 24.

ROCHA, S. P. **Propriedades físico-hídricas e químicas do solo e crescimento inicial de erva-mate cultivada em diferentes tipos de cobertura do solo**. Santa Maria, 2018. 218 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2018.

RUFATO, L.; ROSSI, A. D.; PICCOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus pérsica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria (RS), v.36, n3, 2006.

SANTOS, K. A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) em embalagens plásticas**. Curitiba, 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, 2004.

SARTORI, M. da G. B. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 165 f. Dissertação (Mestrado em geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SILVA et al., Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para semeadura direta de feijão. **Revista Agrarian**, v.7, n.24, p.233-243, 2014.

SILVA, G. H.; QUEIROZ, J. E.; DE SOUZA NETO, A. G. Avaliação da Área Foliar de Três Espécies Florestais Ocorrentes. **Biofar**. v.9, n.3, 2013.

SILVA, P. C. G.; FOLONI J. S. S.; FABRIS L. B.; TIRITAN C. S. Produção de fitomassa e relação C/N em consórcio de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.11, p.1504-1512, nov. 2009.

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. da. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v.36, p.1011- 1020, 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande Do Sul E Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul/ UFRGS, 2004. 400 p.

SOUZA J. L & GUIMARÃES G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal** 29: p 1796-1805, 2013.

SOUZA L. S. et al. Adubação verde na física do solo. In: LIMA FILHO OF et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1.ed. Brasília: Embrapa. p. 337-369. 2014.

SOUZA, J. L. M.; ARAUJO, M. A.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, C.B; MACCARI JÚNIOR, A.; WOLF, C. S. Exportação de Nutrientes Foliares em diferentes tipos de Poda na cultura da Erva-Mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.177-185, 2008.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão de porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, pp. 497-505, 2010.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de.; SILVA, D. M. N. da.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L., Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 42, n. 2, p. 292-300, 2011.

WOLF, C. F. **Estimativa da Exportação de Nutrientes Foliares em Diferentes Tipos de Poda na cultura da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Curitiba. UFPR 2005, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, 2005.

WOLSCHICK N. H. et al., Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.134-143, 2016.