

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE - UNICENTRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO (STRICTO SENSU) EM
AGRONOMIA

PRODUTIVIDADE, LUMINOSIDADE, COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E QUALIDADE DA ERVA-MATE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LUIZ CARLOS ZERBIELLI

GUARAPUAVA-PR

2016

LUIZ CARLOS ZERBIELLI

**PRODUTIVIDADE, LUMINOSIDADE, COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E QUALIDADE DA ERVA-MATE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Co-orientador: Dr. Cristiano Andre Pott

GUARAPUAVA-PR

2016

LUIZ CARLOS ZERBIELLI

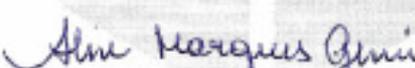
**PRODUTIVIDADE, LUMINOSIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE
DA ERVA-MATE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em produção vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 4 de novembro de 2016.



Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Aline Marques Genú
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Eleandro José Brun
(UTFPR)



Prof. Dr. Cristiano André Pott
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR

2016

“Se quiser ir mais rápido vá sozinho, mas se quiser ir mais longe vá acompanhado”

(Mário Sérgio Cortella)

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Angelo Zerbielli e Ilse Maria Klemann Zerbielli.

À minha namorada Michelly pelo apoio e companheirismo nesta importante fase da minha vida.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick por abrir as portas de sua casa, pela confiança, dedicação e direcionamento, tanto na vida profissional quanto pessoal.

Ao amigo e Co-orientador Professor Dr. Cristiano André Pott pelas contribuições decisivas e presença constante em todas as etapas de realização do trabalho.

Aos meus amigos do Grupo de Estudos e do Laboratório de Florestais e Forrageiras: Paulo, Filemon, Francisco, Marcos, Michael, Patrikk, Gardin, Suzamara, Joelmir e Ellis pela amizade e pela troca de experiências.

À colega Ellis Muller e família por ceder a área de estudo e pela prontidão nas diferentes etapas de realização do trabalho.

À Faculdade Campo Real pela disponibilização da estrutura para realização de testes e avaliações.

À CAPES pelo apoio financeiro durante parte do desenvolvimento desta pesquisa.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

PRODUTIVIDADE, LUMINOSIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DA ERVA-MATE.....	11
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.).....	16
3.2 HISTÓRICO DA CULTURA	17
3.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ERVA-MATE.....	20
3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANÁLISE SENSORIAL.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	25
4.2.1 Determinação dos índices de luminosidade.....	25
4.2.2 Caracterização química do solo e dos tecidos vegetais.....	26
4.2.3 Determinação da biomassa comercial da erva-mate:	27
4.2.4 Sapecagem.....	28
4.2.5 Desidratação	28
4.2.6 Moagem.....	28
4.3 ANÁLISE SENSORIAL	29
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7 CONCLUSÕES	44
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de erva-mate verde no Brasil proveniente de cultivos (Mg).	18
Tabela 2 – Produção de erva proveniente de extrativismo (Mg).....	19
Tabela 3 – Média dos índices de aceitabilidade e testes sensoriais afetivos e intenção de compra, realizados para amostras de erva-mate cultivados sob diferentes intensidades luminosas.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Área de ocorrência natural da erva-mate.....	16
Figura 2.	Produção paranaense de erva-mate por município em de 2013.	20
Figura 3.	Localização da área de estudo, situada no município de Guarapuava, Distrito do Guará, região Centro Sul do Paraná.	24
Figura 4.	Croqui de distribuição das unidades amostrais (circunscritas) dentro da área experimental.	26
Figura 5.	Fluxograma de processamento das amostras de erva-mate.....	27
Figura 6.	Separação de amostra de erva-mate comercial para padronização granulométrica	29
Figura 7.	Recipientes com as amostras de erva-mate a serem fornecidas aos provadores (A); Infusão pronta para ser servida aos provadores (B).	30
Figura 8.	Matriz de correlação de variáveis produtivas e químicas em plantas de erva-mate submetidas a diferentes níveis de sombreamento. * Coeficiente de correlação de 0,433, é significativo (p<0,05). Em que K foliar= potássio foliar, K Solo= potássio no solo; S foliar= enxofre foliar; S Solo= enxofre no solo; Al Solo= alumínio no solo; N Foliar= nitrogênio foliar; Ca Solo= cálcio no solo; Ca Foliar= cálcio foliar; P Foliar= fósforo foliar; P Solo= fósforo no Solo.....	32
Figura 9.	Valores de produção (kg planta ⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices luminosos. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.....	33
Figura 10.	Área foliar (cm ² .folha ⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.	34
Figura 11.	Concentração de Cafeína (mg.g ⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.....	35
Figura 12.	Potássio foliar (g.kg ⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) das médias das concentrações	36
Figura 13.	Intervalo de confiança (95% de significância) de médias da concentração de Alumínio no solo cmol _c .dm ⁻³ sob diferentes índices de luminosidade.....	37
Figura 14.	Análise gráfica dos Componentes Principais para as variáveis de produtividade e composição química de plantas de erva-mate cultivadas sob diferentes índices de luminosidade. Em que K foliar= potássio foliar, K Solo= potássio no solo; S foliar= enxofre foliar; S Solo= enxofre no solo; Al Solo= alumínio no solo; N Foliar= nitrogênio foliar; Ca Solo= cálcio no solo; Ca Foliar= cálcio foliar; P Foliar= fósforo foliar; P Solo= fósforo no solo.....	39

PRODUTIVIDADE, LUMINOSIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DA ERVA-MATE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento produtivo da cultura da erva-mate manejada sob diferentes índices de luminosidade, provocados por diferentes intensidades de cobertura vegetal, bem como verificar os efeitos da forma de manejo nas características químicas e organolépticas do produto comercial. O trabalho foi conduzido em erval plantado em consórcio com um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, no Município de Guarapuava, região Centro Sul do estado do Paraná. Foi realizada a caracterização da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em todas as plantas da área experimental, e na sequência, estas foram separadas em classes, que compõem os tratamentos, contendo cinco indivíduos por grupo, sorteados de forma aleatória, resultando em 20 unidades amostrais. Para determinação da produção da biomassa comercial foi realizada a poda de folhas, ramos e galhos finos, de acordo com os padrões das empresas ervateiras. A determinação da área foliar foi realizada com o Software ImageJ® (Powerful Image Analysis). Foram realizadas determinações dos teores de cafeína, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nos tecidos foliares, sendo as coletas realizadas em pré florescimento da cultura. No solo, foram realizadas as determinações dos teores de alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, sendo as amostras coletadas na projeção da copa das plantas de erva-mate. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio do intervalo de confiança das médias, com 0,95 de significância. Os efeitos das variáveis químicas do solo, a concentração de nutrientes foliares, bem como área foliar e produção foram determinados por meio de técnicas de estatísticas multivariadas, utilizando-se a Análise de Componentes Principais (ACP) e Matriz de Correlação de Pearson. Verificou-se que a produção de biomassa comercial de erva-mate apresentou comportamento diretamente proporcional à intensidade luminosa, com produção média de 29,74; 28,34; 14,6 e 4,24 kg planta⁻¹, para os estratos luminosos 100, 73, 50 e 30%. Já para a variável área foliar, o comportamento foi inverso, aumentando com a diminuição da luminosidade incidente. A produção de cafeína sofreu influência da intensidade luminosa, apresentando os maiores valores nos ambientes mais sombreados, com 3,77 mg.g⁻¹ e 8,85 mg.g⁻¹, para os estratos 100 e 30% de luminosidade, respectivamente. O potássio foliar, o alumínio no solo, o cálcio no solo e o enxofre no solo apresentaram redução em suas concentrações com o aumento da luminosidade incidente, enquanto as demais variáveis mantiveram-se inalteradas. Na Análise de Correlação, a luminosidade apresentou alto coeficiente de correlação com produção, cafeína, área foliar, potássio foliar e potássio no solo. A Análise de Componentes Principais (ACP) verificou a formação de grupos entre cafeína, área foliar, potássio foliar e potássio no solo no índice luminoso 30%, enquanto a produção agrupou-se junto ao substrato de maior intensidade luminosa. Pela análise sensorial não foram verificadas diferenças estatísticas nos critérios sabor, cor, aroma, aceitação global e intensão de compra para os produtos oriundos de diferentes intensidades luminosas. Os resultados evidenciaram que diferentes índices de luminosidade fotossinteticamente ativa (PAR) incidentes sobre as plantas de erva-mate proporcionaram alterações na dinâmica produtiva, alterando quantidade de biomassa comercial, composição química e morfologia das plantas, apesar de não apresentar efeitos sobre as características organolépticas do produto.

Palavras chave: Cafeína; Área foliar; Morfologia; Características ambientais; Níveis de luminosidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive behavior of the herb mate cultivated under different luminosity indices caused by different intensities of vegetal cover, as well as to verify the effects of the management method on the chemical and organoleptic characteristics of the commercial product. The work was conducted in an area and yerba mate managed in consortium with a fragment of Mixed Ombrophilous Forest, in the Municipality of Guarapuava, Center-South region of Paraná. Photosynthetically active radiation (PAR) was characterized in all plants of the experimental area, and in the sequence, these were separated into classes, which comprise the treatments, containing five individuals per group, randomly selected, resulting in 20 sample units. To determine the production of commercial biomass, pruning of leaves, branches and fine branches was carried out according to commercial standards. Leaf area determination was performed with ImageJ® Software (Powerful Image Analysis). Determinations of caffeine, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur contents were performed in the foliar tissues, and the samples were collected in pre - flowering culture. In the soil, the determination of the contents of aluminum, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur were carried out, and the samples were collected in the crown projection of the yerba mate plants. The statistical analysis of the results was performed using the confidence interval of the means, with 0.95 of significance. The effects of soil chemical variables, leaf nutrient concentration, leaf area and yield were determined using multivariate statistical techniques using the Principal Component Analysis (PCA) and Pearson's Correlation Matrix. It was verified that the commercial biomass production of yerba mate had a behavior directly proportional to the luminous intensity, with a mean production of 29.74; 28.34; 14.6 and 4.24 kg plant⁻¹, for the light strata 100, 73, 50 and 30%. As for the variable leaf area, the behavior was inversely, increasing with the decrease of the incident luminosity. Caffeine production was influenced by light intensity, presenting the highest values in the most shaded environments, with 3.77 mg.g⁻¹ and 8.85 mg.g⁻¹, for the 100 and 30% luminosity strata, respectively. Foliar potassium, aluminum in the soil, calcium in the soil and sulfur in the soil showed a reduction in their concentrations with increasing light intensity, while the other variables remained unchanged. In the Correlation Analysis, the luminosity presented a high coefficient of correlation with production, caffeine, leaf area, leaf potassium and potassium in the soil. The Principal Component Analysis (PCA) verified the formation of groups between caffeine, leaf area, leaf potassium and potassium in the soil in the light index 30%, while the production grouped together with the substrate with the highest luminous intensity. By the sensorial analysis no statistical differences in the taste, color, aroma, overall acceptance and purchase intensities were found for products from different luminous intensities. The results evidenced that different photosynthetically active luminosity indices (PAR) on the yerba mate plants provided changes in the productive dynamics, altering the amount of commercial biomass, chemical composition and plant morphology, although it did not present effects on the organoleptic characteristics of the product.

Keywords: Caffeine; Leaf area; Morphology; Environmental characteristics; Levels of luminosity.

1 INTRODUÇÃO

A Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie nativa da Região Sul do Brasil, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina, onde apresenta importante papel econômico e cultural. Sua capacidade de desenvolvimento em sub-bosque permitiu sua exploração de forma consorciada em Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucária, garantindo a manutenção da espécie, bem como sua exploração de forma sustentável (DANIEL, 2009).

Em áreas conduzidas em consórcio com Floresta Ombrófila Mista, ocorre maior ciclagem de nutrientes provindos da deposição de serapilheira, fornecendo os nutrientes necessários para que a cultura se desenvolva (LORENZI, 2002). Além do sombreamento, fatores genéticos e climáticos apresentam influência significativa na alteração de características morfofisiológicas, despertando interesse por parte de técnicos e pesquisadores (MACCARI JUNIOR, 2005).

Devido ao histórico de baixa remuneração do produto quando comparado a outras culturas, a erva-mate tornou-se pouco atrativa como negócio, desestimulando a produção e desenvolvimento de tecnologias voltadas à produção, fator este responsável pelo abandono da cultura por agricultores de regiões tradicionais (MACCARI JUNIOR, 2005). Os principais efeitos deste abandono podem ser notados na vegetação de áreas antes manejadas em consórcio com florestas, as quais foram eliminadas a fim de implantar novas culturas. Como consequência, observa-se uma diminuição da matéria prima no mercado, dificultando o planejamento da produção pelas indústrias ervateiras.

Outro aspecto que impacta de forma direta à aceitação da erva-mate como atividade econômica por parte dos produtores é a ausência de uma política de garantia mínima de preços. O valor da matéria prima é ditado pela lei da oferta e demanda, apresentando-se as empresas ervateiras como reguladoras, sem critérios de padrão e qualidade, desestimulando a cadeia produtiva como um todo.

Diferentes tratos culturais podem acarretar, além de incremento de produtividade, em alterações nas características químicas e organolépticas dos produtos finais, necessitando-se estudos mais detalhados. As pesquisas envolvendo produtividade da cultura em função do manejo nutricional e de luminosidade, bem como a qualidade do produto resultante destas estratégias, permitem determinar quais os caminhos a serem tomados em termos de manejo, a fim de alcançar produtividade crescente com a qualidade exigida pelo mercado consumidor.

Justifica-se, desta forma, associar as relações entre componentes ambientais e a qualidade do produto final, garantindo que áreas de floresta manejadas adequadamente apresentem potencial produtivo e econômico, refletindo em condições dignas de vida às populações que trabalham nos ecossistemas florestais, garantindo geração de renda com baixo impacto ambiental e contribuindo para a manutenção na biodiversidade da região Sul do Brasil.

O estudo teve o objetivo de verificar os efeitos de diferentes intensidades de luminosidade na produtividade e composição química da erva-mate. Tem-se como hipótese que diferentes intensidades luminosas acarretem em alterações nos valores de produtividade, área foliar, matéria seca, cafeína e nutrientes no solo e tecidos vegetais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a influência de diferentes níveis de luminosidade na composição química e na qualidade de bebida da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) tipo chimarrão, a fim de estabelecer parâmetros para o manejo florestal sustentável da cultura na região de Guarapuava-PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Determinar o efeito de diferentes níveis de luminosidade na produção de biomassa comercial de erva-mate;
- 2 Verificar os efeitos do sombreamento na alteração de características morfológicas e no teor de cafeína;
- 3 Verificar os efeitos dos índices de luminosidade na composição química do solo e de tecidos vegetais sob diferentes intensidades luminosas no cultivo de *Ilex paraguariensis*;
- 4 Determinar a influência de diferentes índices de luminosidade de cultivo em características sensoriais do produto comercial da erva-mate tipo chimarrão.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) pertence à família botânica Aquifoliaceae, sendo originária da região subtropical da América do Sul, onde apresenta grande importância no aspecto sócio econômico. Sua exploração apresenta como principais características a predominância de mão de obra familiar (PASINATO, 2003) e baixo nível de tecnologia empregado (MARCHESE et. al, 2005).

Segundo Oliveira e Rotta (1985), a espécie apresenta vasta dispersão geográfica, compreendendo a região centro-oeste do Rio Grande do Sul e manifestando-se em praticamente todo o estado de Santa Catarina. No Paraná, encontra-se dispersa nas regiões Centro-sul e Nordeste, direcionando-se para o estado de São Paulo, onde apresenta pequena área de abrangência. No Mato Grosso do Sul, ocorre principalmente na região Sul, delimitando divisas com a província de Misiones, na Argentina, e com o Paraguai, na região da Serra de Amambay (Figura 1).



Figura 1. Área de ocorrência natural da erva-mate

Fonte: Resende (2000).

De acordo com Bragagnolo et al. (1980), a espécie é uma árvore perene, podendo alcançar altura máxima de 15 m e diâmetro de altura de peito (DAP) de 0,5 m quando em florestas naturais. Em sistemas conduzidos, a fim de facilitar as operações de poda e colheita, busca-se manter altura de 3 a 5 m, alcançando-se DAP de 20 a 25 cm.

Em cultivos em pleno sol, apresenta folhas simples e alternadas, com largura de 3 a 5 cm, e comprimento de 5 a 10 cm. No caso de plantas manejadas sob condições de sombreamento, o comprimento da folha pode alcançar até 18 cm, aumentando a área foliar a fim de aumentar a interceptação luminosa (DANIEL, 2009).

Quanto às características foliares, Reissmann (2003) agrupou a erva-mate em classes de plantas por características visuais, dividindo em três tipos morfológicos, o amarelo, o cinza e o sassafrás. O primeiro apresenta folhas em tonalidades mais claras, e as nervuras em tonalidades amareladas. O segundo apresenta folhas cinza esverdeadas e nervuras de tonalidade amarelada menos intensa. O terceiro apresenta folhas verde escuras e nervuras de tonalidade verde clara, apresentando aspecto brilhante.

Carvalho (1994) cita que a espécie apresenta floração de setembro a dezembro, apresentando frutos aptos para estratificação nos meses de dezembro a abril. Existem diferenças entre idades de frutificação, sendo de cinco anos para plantas originadas por semente, e dois anos para plantas multiplicadas via propagação vegetativa, sendo que no primeiro caso predomina a dispersão com o auxílio de animais silvestres.

De acordo com Boguszewski (2007), a forma de utilização mais comumente encontrada é o mate chimarrão, costume este adotado pelos colonizadores espanhóis após o primeiro contato com os Índios Guaranis, durante a colonização do Paraguai. Esta forma de utilização é comumente encontrada na região Sul do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, enquanto as demais regiões brasileiras dão preferência à utilização da erva-mate na forma de Tererê e chás, as quais apresentam enorme gama de variedades e sabores (DANIEL, 2009).

3.2 HISTÓRICO DA CULTURA

Apesar de levantamentos arqueológicos apresentarem poucos vestígios indicando a utilização da erva-mate em tempos pré-colombianos, alguns estudos demonstram que foram os nativos Guaranis que apresentaram a espécie aos espanhóis durante a ocupação do Paraguai. Já nos anos de 1670, os jesuítas iniciaram o cultivo da erva-mate tornando os índios Guaranis totalmente dependentes economicamente da cultura (MAZUCHOWSKI, 1989).

As primeiras evidências do uso da erva-mate referem-se às populações pré-colombianas, difundindo-se posteriormente a outras culturas. Devido às propriedades da bebida, os colonizadores europeus passaram a utilizá-la, tornando-a importante no aspecto cultural (DANIEL, 2009).

O início da exploração extrativista e a ausência de tecnologias de manejo sustentável provocaram um declínio significativo na produção, levando a degradação de áreas de floresta manejadas em consórcio com erva-mate, bem como a destruição de boa parte dos ervais nativos. Esse retrocesso, aliado a falta de conhecimento sobre fisiologia e manejo da cultura, dificultou a reimplantação das áreas antes compostas com erva-mate, gerando atrasos no desenvolvimento econômico das regiões ervateiras (LINHARES, 1969).

A nível nacional, no ano de 2013 a erva-mate verde apresentou produtividade média de 7.648 kg ha⁻¹, entre ervais nativos e plantados, somando área colhida de 67.397 hectares, distribuída entre as regiões Sul e Sudeste do Brasil. A produção nacional foi de 515.451 toneladas, destacando-se como maior produtor o estado do Rio Grande do Sul, seguido pelo estado do Paraná e Santa Catarina (SEAB, 2014).

Como pode ser observado na Tabela 1, no ano de 2013 o estado do Rio Grande de Sul apresentou produção de 265.515 toneladas, destacando-se como maior produtor nacional de erva-mate plantada. O Paraná apresentou produção de 195.403 toneladas, destacando-se como segundo maior produtor nacional nesta modalidade de cultivo.

Tabela 1 – Produção de erva-mate verde no Brasil proveniente de cultivos (Mg).

ANO	BRASIL	PR	SC	RS	MS
2004	403.281	133.449	37.577	222.884	9.371
2005	429.730	164.752	37.629	218.982	8.367
2006	434.483	165.076	35.292	229.569	4.546
2007	438.474	136.266	37.909	259.317	4.982
2008	434.727	132.556	41.890	256.352	3.929
2009	443.126	135.000	46.254	258.651	3.221
2010	430.305	123.132	43.266	260.413	3.494
2011	443.635	122.202	45.614	272.719	3.100
2012	513.256	180.853	69.064	260.866	2.473
2013	515.451	195.403	50.740	265.515	3.793

Fonte: SEAB (2013).

Na Tabela 2 observa-se que no mesmo período, o Paraná representou aproximadamente 74% de toda erva-mate proveniente de extrativismo, ou seja, os ervais manejados predominaram na forma de erva-mate nativa conduzida em áreas de remanescente de vegetação (IBGE, 2013). Em se tratando do produto comercial tipo chimarrão, esta forma de cultivo confere características diferenciadas ao produto final, fator este que garante melhor qualidade e maior aceitação do produto nos mercados nacional e internacional (DANIEL, 2009).

Tabela 2 – Produção de erva proveniente de extrativismo (Mg).

ANO	BRASIL	PR	SC	RS	MS
2009	218.102	156.563	36.493	24.764	282
2010	227.462	166.682	36.274	24.231	275
2011	229.681	169.549	36.117	23.579	436
2012	252.700	196.636	36.105	22.720	239
2013	344.594	254.915 (74%)	69.683(20%)	19.183(6%)	183(0,5%)

Fonte: SEAB (2014).

No último levantamento realizado, no ano de 2013, o Paraná apresentou como componentes de produção 57% de ervais nativos, com aproximadamente 254 mil toneladas colhidos neste sistema, frente a 43 %, ou 195 mil toneladas oriundos de ervais plantados, manejados a pleno sol ou em sistemas florestais (IBGE, 2015). Desta forma, a produção total paranaense foi de 450 mil toneladas, figurando como maior produtor nacional da cultura, seguido pelo Rio Grande do Sul, com aproximadamente 285 mil toneladas.

A erva-mate consta do principal produto florestal não madeireiro produzido no estado do Paraná, sendo responsável por uma renda bruta de aproximadamente 413 milhões de reais no ano de 2013 (SEAB, 2015).

No Paraná, a cultura está presentes em 151 municípios, concentrados principalmente na região Sul, e divididos em cinco núcleos regionais de produção, os quais representam aproximadamente 90% da produção do estado. O núcleo de União da Vitória representa 65% da produção do estado, seguido pelos núcleos de Irati (12%) e Guarapuava (9%). Os núcleos de Ponta Grossa e Pato Branco foram responsáveis por 8% da produção, restando 10% para municípios não pertencentes a nenhum núcleo (SEAB, 2013).

Destacam-se como maiores produtores estaduais os municípios de Cruz Machado, São Mateus do Sul, Bituruna, General Carneiro, Paula Freitas e Inácio Martins, os quais

representaram 60% da produção de erva-mate no Estado (SEAB, 2013). A produção nos municípios paranaenses pode ser observada na Figura 2.



Figura 2. Produção paranaense de erva-mate por município em de 2013.

Fonte: SEAB (2013)

3.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ERVA-MATE

A erva-mate encontra melhores condições de desenvolvimento em associações com Pinheiro Araucária (*Araucaria angustifolia*, Bertol. Kuntze), além das demais espécies que compõem a Floresta Ombrófila Mista. Sua exploração apresenta basicamente o uso de mão de obra familiar, destacando-se como importante fonte de renda para pequenos agricultores, e tem grande importância socioeconômica nos estados da região Sul do Brasil (LORENZI, 2002).

Oliveira e Rotta (1999) citam que a erva-mate apresenta ocorrência natural em solos bem drenados, profundos, com pH em torno de 5,0, altos teores de matéria orgânica, e baixa saturação por bases. A cultura adapta-se bem em solos com teores de argila superiores a 35%, podendo ser encontrados também em solos com textura média (15 a 35% de argila). Em solos com teores de argila inferiores a 15% dificilmente a planta é encontrada.

Existe grande variabilidade nos aspectos ambientais das áreas de dispersão natural da cultura. As regiões apresentam índices de pluviosidade superiores a 1000 mm por ano, com temperaturas medias anuais inferiores a 25°C, alcançando temperaturas negativas no inverno, com geadas frequentes em algumas destas regiões (GOLFARI, 1978).

O sistema de manejo empregado apresenta grande relevância no processo produtivo e industrialização da erva-mate, refletindo principalmente em produtividade e intervalos de corte, implicando de forma direta no fornecimento de matéria prima e planejamento da produção industrial pelas ervateiras (MACCARI JUNIOR, 2005). De forma geral, os ervais são classificados como ervais de ocorrência natural e ervais plantados, implicando em diferenças na qualidade final do produto (DANIEL, 2009).

Os sistemas produtivos podem ser classificados em “ervais nativos”, que são formados por ação da natureza, e “ervais adensados”, que são ervais nativos que sofrem adensamento pelo plantio de novas mudas em espaços vazios. Quando a vegetação é transformada em erval, este sistema é denominado erval em conversão. No caso dos ervais homogêneos, o plantio é realizado em áreas não consorciadas, manejada a pleno sol, de forma contrária aos ervais consorciados onde a cultura é conduzida em meio à vegetação, recebendo a influência do sombreamento durante seu desenvolvimento (ANDRADE, 2002).

Estas formas de condução apresentam interferência direta na produtividade do erval, determinando intervalo de corte e apresentando influências significativas na qualidade do produto final (EMATER, 1991). Para ervais plantados, a produção média varia entre 14 e 20 kg planta⁻¹ ano⁻¹, sendo que a produtividade tende a estabilizar aos 10 anos após o plantio. Já para ervais nativos, as colheitas são mais espaçadas, obtendo produção de 80 a 180 kg planta⁻¹ em intervalos de 3 a 5 anos.

Nas fases iniciais de desenvolvimento da erva-mate, os tratos culturais determinam a conformação de plantas e a velocidade de estabelecimento da cultura, refletindo de forma direta na taxa de retorno da cultura, e facilitando os tratos culturais (DANIEL, 2009). As podas de formação e produção (MEDRADO et al, 2010) proporcionam plantas de baixo porte o que facilita a colheita, roçadas e adubações, permitindo melhor distribuição de plantas por unidade de área.

Outro aspecto que influencia consideravelmente em produtividade, e vem ganhando notoriedade no setor produtivo é o desenvolvimento de novas cultivares de erva-mate, plantas que tendem a apresentar melhores condições de campo que plantas de erva-mate comum. A cultivar Cambona 4 (EMBRAPA, 2011) apresentou produtividade 58% superior a ervais conduzidos com cultivares nativas.

Dentre os processos que envolvem o processamento da erva-mate, Maccari Junior (2005) cita o corte da erva, o sapecamento, a desidratação, a moagem e a peneiração, sendo que após estes passos, o produto pode ser denominado de erva-mate cancheada. A segunda etapa consta do beneficiamento, onde a erva cancheada servirá de matéria prima para os moinhos,

sofrendo nova secagem, limpeza, trituração e classificação por peneiras. Neste momento, a erva passará a ser denominado produto beneficiado, e após sua embalagem estará apta para comercialização.

A colheita da parte aérea da cultura apresenta os menores efeitos colaterais para a erva quando realizado na época de inverno, uma vez que a planta encontra-se em estado de repouso fisiológico (JUNIOR & MILOCA, 2007). Uma vez que a erva-mate processada apresenta alto grau de perecibilidade, adota-se um plano de corte escalonado nos diferentes meses do ano, a fim de suprir a demanda do mercado, sendo o corte também realizado em estágio de pleno desenvolvimento da cultura.

3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANÁLISE SENSORIAL

De acordo com Maccari Junior (2005), a erva mate apresenta compostos minerais e orgânicos de extrema importância para a nutrição humana. Destacam-se como principais compostos as vitaminas C, B1, B2 e A, aminoácidos, lipídios, minerais, polifenóis, alcalóides, vitaminas, componentes voláteis, saponinas, clorofila, carotenóides e taninos (VALDUGA, 1995).

Quanto aos compostos minerais, o fósforo, o potássio e o nitrogênio destacam-se como os mais importantes, devido principalmente as funções fisiológicas desempenhadas nos tecidos vegetais. Quando da não capacidade do solo em suprir a necessidade destes nutrientes, o seu fornecimento deve-se dar pela adição de fontes externas, como fertilizantes químicos, restos culturais ou formas alternativas de adubação, destacando-se os esterco, desde que processados de forma eficiente (GONÇALVES E POGGIANI, 1996).

O fósforo compõe compostos ricos em energia, como o ATP e ADP (trifosfato e difosfato de adenosina), responsáveis pelo balanço energético em diferentes reações anabólicas e catabólicas inerentes aos tecidos vegetais. É absorvido pelo sistema radicular na forma de ácido fosfórico (H_2PO_4), quase que exclusivamente por meio de interceptação radicular (MALAVOLTA, 1980). Devido a sua dinâmica, e grande capacidade em interagir com as cargas do solo, o fósforo é um dos macronutrientes de mais complexo manejo (CECONI, 2007).

O potássio no solo encontra-se no solo adsorvido às moléculas de matéria orgânica, apresentando dificuldade em deslocar cargas de H^+ e Al^{+3} em pH ácido, sendo sua disponibilidade afetada. Na planta, o nutriente não participa da formação de compostos orgânicos, apresentando alta mobilidade nos tecidos vegetais, sendo importante na manutenção da atividade hídrica. Está diretamente ligada ao processo de fotossíntese, uma vez que a

quantidade de carbono assimilada pela planta apresenta relação direta com os volumes de água liberados para a atmosfera no processo de evapotranspiração.

Os teores de cálcio no solo, bem como pH da solução interferem de forma significativa no desenvolvimento da cultura. Em concentrações do nutriente superiores a $6,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, ocorre a diminuição do crescimento das plantas, podendo estar relacionado a inibição da assimilação de Zn, Mn e Fe (SANTIN, 2013).

A análise sensorial visa estabelecer parâmetros qualitativos de produtos in natura ou industrializados e engloba diferentes fatores, como por exemplo sabor, aroma, cor e textura, e funciona como excelente ferramenta de prospecção de aceitação de um produto pelo mercado consumidor. Além dos fatores individuais, também são feitas avaliações conjuntas, como impressão global, que é a análise do produto como um todo, e intensão de compra, que demonstra a aceitabilidade do produto pelo mercado consumidor (DUTKOSKI, 2001)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado no município de Guarapuava, região Centro Sul do Paraná, pertencendo ao domínio do Terceiro Planalto Paranaense (IBGE, 2008). A área de estudo está localizada em uma propriedade particular, nas coordenadas geográficas $25^{\circ}21'13''$ de latitude Sul e $51^{\circ}15'04''$ de longitude Oeste, (Figura 3), com altitude de aproximadamente 1210 metros.

Quanto ao clima da região a região de Guarapuava, segundo a classificação climática de Alvarez et al. (2013), este é Subtropical Mesotérmico Úmido – Cfb. Caracteriza-se pela ocorrência de verões frescos (temperatura média inferior a 22° C) e invernos com geadas severas e frequentes (temperatura média superior a 3° C e inferior a 18° C) com ausência de estação seca e tendência de chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A precipitação média é de aproximadamente 1800 mm ano^{-1} , ocorrendo grande discrepância entre os volumes anuais.

O solo da região é classificado segundo a EMBRAPA (2013) como predominantemente Latossolo Bruno Distrófico, com saturação por bases (V%) natural inferior a 50%, não apresentando impedimentos por pedregosidade e relevo suave.

A área de estudo é constituída de um erval plantado, estabelecido com mudas propagadas via semente, manejado em consórcio com Floresta Ombrófila Mista remanescente, em que o Pinheiro-do-Paraná é a espécie de maior predominância. O espaçamento médio observado entre plantas é de $4 \times 4 \text{ m}$, não sendo adicionadas fontes externas de adubação. O

cultivo de erva-mate nessa área apresenta idade de sete anos, sendo que última poda de colheita foi realizada 18 meses antes da coleta das amostras e avaliação de biomassa comercial desse estudo.

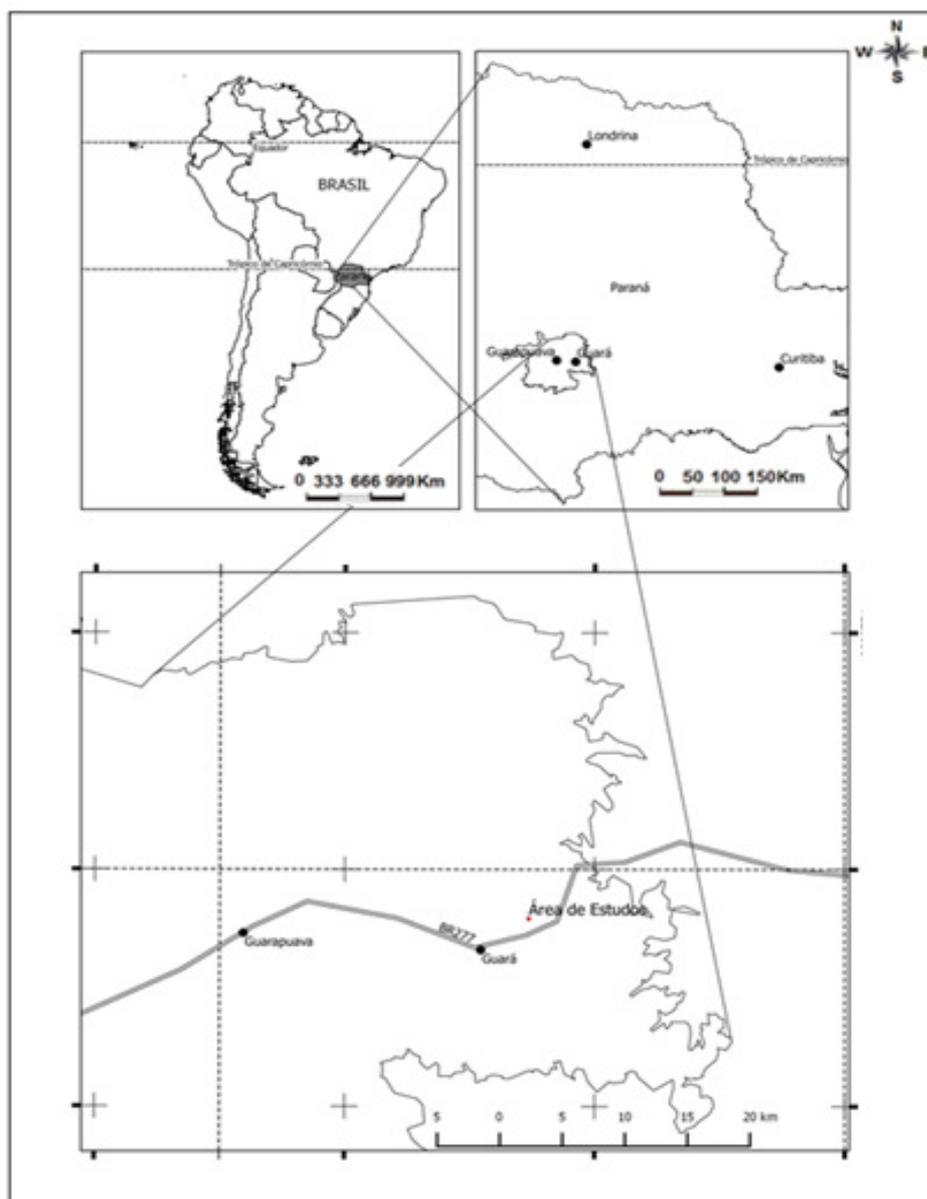


Figura 3. Localização da área de estudo, situada no município de Guarapuava, Distrito do Guará, região Centro Sul do Paraná.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O sub bosque é composto por espécies forrageiras e plantas daninhas manejadas de forma extensiva, com a finalidade de proporcionar cobertura vegetal e reduzir os efeitos da erosão. O manejo da vegetação do sub bosque é realizado através de roçadas mecânicas, além dos efeitos de pisoteio e pastejo, resultantes da criação extensiva de gado de corte, com lotação de 2,5 unidades animal.ha⁻¹, utilizados para consumo da propriedade rural.

A conformação vegetal da área é resultado dos ventos fortes provocados por um vendaval, ocorrido no ano de 2012, o qual provocou a derrubada de parte da cobertura do dossel superior, resultando em diferentes níveis de cobertura.

4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

4.2.1 Determinação dos índices de luminosidade

Com a finalidade de determinar os índices de luminosidade incidente sobre as plantas de erva-mate nos diferentes graus de sombreamento, foi utilizado o aparelho Ceptômetro, da marca Accupar®, modelo LP 80. Inicialmente, foi realizada a determinação da luminosidade incidente em todos os indivíduos da área experimental, sendo separados em classes de luminosidade. Realizou-se a coleta da radiação incidente nas extremidades norte e sul da planta, utilizando o valor médio dos resultados.

Para alcançar o índice em porcentagem, comparou-se a radiação incidente em cada unidade amostral com os valores obtidos a pleno sol. Devido à amplitude dos valores encontrados no senso, foram divididas quatro classes de luminosidade, utilizando-se a média real dos valores para cada classe, sendo estes os tratamentos considerados. Em seguida, foram selecionados de forma aleatória cinco indivíduos por classe de sombreamento, resultando nos seguintes tratamentos:

L1 - Erva-mate conduzida sob 30% luminosidade incidente.

L2- Erva-mate conduzida sob 50% de luminosidade incidente e sombra.

L3 - Erva-mate conduzida sob 73% de luminosidade incidente.

L4 - Erva-mate conduzida sob pleno sol.

Os tratamentos foram formados por quatro grupos divididos por diferentes índices de luminosidade, com cinco repetições distribuídas aleatoriamente dentro de cada grupo, enquanto as unidades amostrais (circundadas), foram constituídas por plantas individuais. (Figura 4).

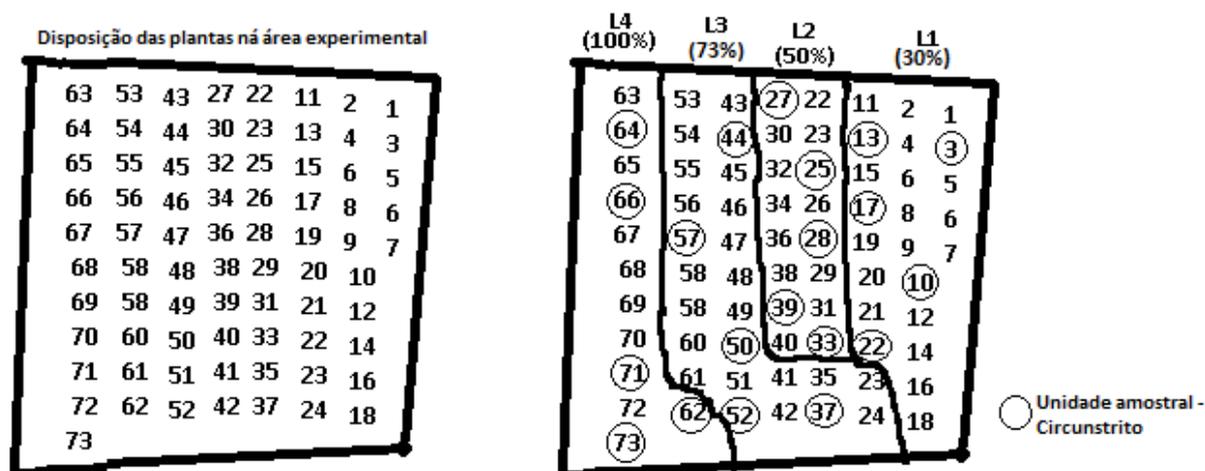


Figura 4. Croqui de distribuição das unidades amostrais (circunscritas) dentro da área experimental.

4.2.2 Caracterização química do solo e dos tecidos vegetais

Sob cada planta foi realizada uma amostragem de solo composta, à profundidade de 0-20 cm, a fim de verificar possíveis interações entre fertilidade do solo e sistemas de manejo. Foi realizada uma amostra composta por duas sub amostras em cada planta, sendo estas coletadas na projeção da copa. As amostras foram desidratadas em estufa de ventilação forçada por 72 horas, até obtenção de peso constante. Em um moinho mecânico para solos procedeu-se a moagem das amostras, sendo estas encaminhadas para realização de análises químicas, onde foram determinados os teores de alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

A fim de determinar os teores de nutrientes nos tecidos foliares da erva-mate, foram coletadas 10 folhas totalmente expandidas no terço médio da planta, no período de pré-florescimento da cultura. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 50°C por 36 horas, até a obtenção de peso constante. Na sequência, foi realizada a fragmentação deste material, utilizando-se moinho de facas modelo CE-430/SM, marca CINELAB com peneira malha 2,0mm. Foram determinados os teores de cafeína, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

As análises químicas foliares, e de composição química dos solos do sistema produtivo foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição Mineral do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO. A determinação da concentração de cafeína foi realizada no Departamento de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus de Pato Branco, através do método de cromatografia gasosa.

4.2.3 Determinação da biomassa comercial da erva-mate:

Para a determinação da biomassa comercial da erva-mate foi realizado o corte de folhas, ramos e brotações, de acordo com os padrões comerciais estabelecidos pelas empresas ervateiras da região, sendo mantido um residual de 10% de folhas, a fim de facilitar o reestabelecimento das plantas. O corte foi realizado com facões, e a biomassa foi pesada em balança mecânica com precisão de 0,1 kg, e acondicionada em sacos de rafia devidamente identificados. Após a colheita, o material foi transportado para o Laboratório de Ciências Florestais e Forrageiras da UNICENTRO, onde as amostras foram devidamente processadas.

Foram separadas quatro sub amostras de 2,5 kg de cada amostra principal, as quais foram desidratadas e processadas a fim de realizar o teste de análise sensorial de aceitação do produto. O processamento obedeceu as seguintes etapas descritas no fluxograma da Figura 5, visando-se obter um produto final semelhante a erva-mate comercial oferecida pelas empresas ervateiras.



Figura 5. Fluxograma de processamento das amostras de erva-mate.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

4.2.4 Sapecagem

A sapecagem consistiu na exposição das amostras à temperatura de aproximadamente 250°C, com a finalidade de promover a ruptura das células da epiderme foliar. Essa etapa do processo de beneficiamento foi realizada artesanalmente, fazendo-se uma fogueira com lenha seca (madeira de eucalipto), de forma que as chamas atingissem em torno de 1-1,5 m de altura. Nessa condição de fogo, os ramos foram colocados em contato direto com as chamas por aproximadamente 5 segundos.

4.2.5 Desidratação

A desidratação das amostras foi efetuada colocando-se as sub amostras, já sapecadas, em estufa de circulação forçada por 36 horas, quando se atingiu peso constante. A temperatura de desidratação foi de 50°C, a fim de se evitar o superaquecimento das amostras, e por conseqüências, alterações químicas e organolépticas do produto.

4.2.6 Moagem

Após obter peso constante das sub amostras, foi efetuado o procedimento de moagem da erva-mate, utilizando-se para tal procedimento moinho mecânico de facas, com o qual procedeu-se a fragmentação das amostras.

A fim de evitar efeitos de diferentes granulometrias no produto testado, foi realizada a padronização granulométrica das amostras, proporcionando desta forma as mesmas porcentagens de partículas grossas, médias, finas e muito finas. Para alcançar padrão semelhante ao produto comercial “Moagem Fina”, testou-se a granulometria de amostras comerciais de erva-mate, e após padronizou-se as amostras de forma que atendessem o seguinte padrão granulométrico: 17% entre 4,0 mm e 2,0 mm, 22% entre 2,0 mm e 1,0 mm, 21% entre 1,0 mm e 0,5 mm e 40% menor que 0,5 mm (Figura 6).

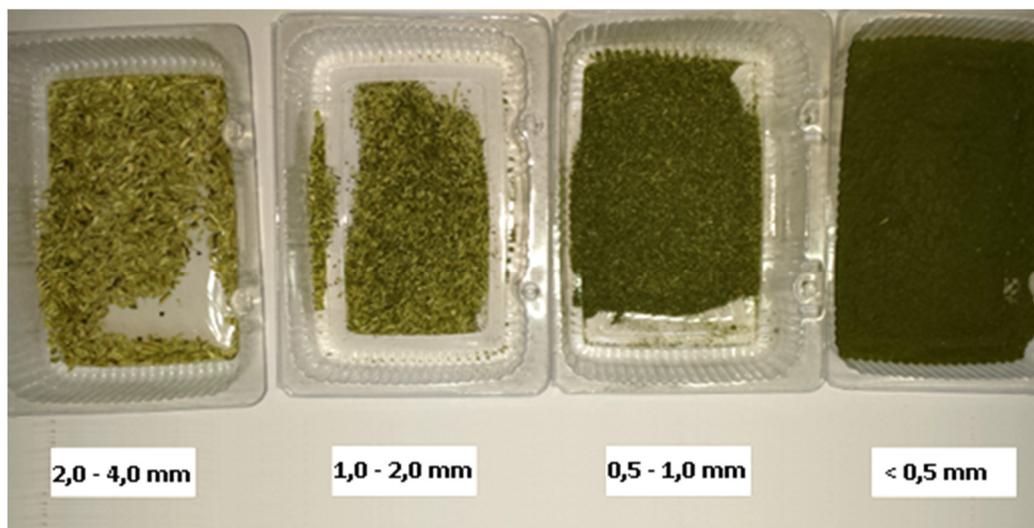


Figura 6. Separação de amostra de erva-mate comercial para padronização granulométrica.

Após a moagem e padronização granulométrica, o produto final foi acondicionado em embalagens de papel e etiquetado, armazenado em refrigerador à temperatura de 5°C com a finalidade de manter as características organolépticas das amostras.

4.3 ANÁLISE SENSORIAL

Foi realizado um pedido formal junto ao Comitê de Ética da UNICENTRO para obtenção da permissão dos testes de análise sensorial com seres humanos. Após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética, (protocolo CAAE 54928816.9.0000.0106) utilizou-se a metodologia descrita por CHAVES (2001) e FERREIRA et al. (2000).

A equipe julgadora foi convidada a participar do processo de análise sensorial através de divulgação junto ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste e do Centro Tecnológico da Faculdade Campo Real, estando contemplado dentro dessa população, acadêmicos, professores e funcionários dessas duas instituições.

Foram selecionados 44 provadores não treinados, consumidores de chimarrão, os quais preencheram um questionário acerca de hábitos, a fim de evitar que estes apresentem alguma restrição quanto ao produto testado. Aqueles que apresentaram compatibilidade com os objetivos do ensaio foram conduzidos para a próxima etapa. Os atributos avaliados no teste de análise sensorial foram: sabor, aroma, aparência, impressão global, e intenção de compra.

O preparo do chimarrão com as diferentes amostras de erva-mate obtidas a partir das diferentes condições de luminosidade foi realizado utilizando-se 30 gramas de cada amostra em recipientes de vidro (Becker) com capacidade para 100 ml, nos quais foram inseridos uma

bomba metálica a fim de realizar a sucção da infusão a ser provada. Por se tratar de um material inerte, o recipiente de vidro evita a contaminação do produto a ser analisado por sabores ou aromas residuais. Junto à alíquota de erva utilizada no teste foi adicionado um volume de 50 ml de água filtrada com temperatura de 60 °C (Figura 7).

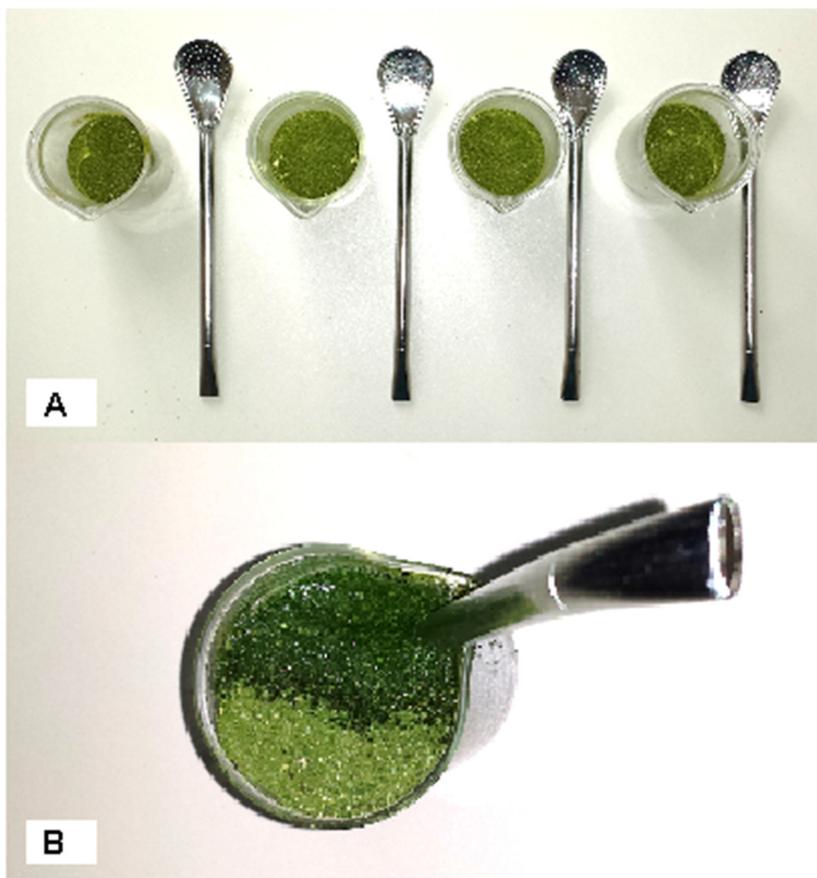


Figura 7. Recipientes com as amostras de erva-mate a serem fornecidas aos provadores (A);
Infusão pronta para ser servida aos provadores (B).

As amostras foram servidas individualmente, utilizando-se bandejas plásticas, onde foram acondicionados os recipientes com os diferentes tratamentos. Os recipientes foram dispostos de forma aleatória e numerados de forma com que o julgador não diferenciase quais eram os tratamentos. Visando-se evitar possíveis interferências ambientais, os recipientes foram cobertos com papel alumínio, o qual evitou a perda de substâncias voláteis por evaporação.

Para a realização dos testes sensoriais, foram utilizadas cabines de madeira, na cor branca, contendo iluminação com luzes branca e vermelha, onde os julgadores foram acomodados no momento da avaliação.

Para cada amostra, o julgador iniciou o procedimento efetuando-se a retirada do papel alumínio que cobria a amostra, realizando a atribuição das notas para aroma, sabor, aparência e aceitação global, respectivamente. Para determinação das notas para os atributos Aparência, Aroma, Sabor e Impressão Global foi utilizada a escala hedônica estruturada mista de 9 pontos variando de 1 (“Gostei muitíssimo”) a 9 (“Desgostei muitíssimo”). Já para a questão Intensão de compra, foi utilizada a escala estruturada de 5 pontos (1 “gostei muito” / “compraria com certeza” a 5 “desgostei muito” / “não compraria”) (DUTCOSKI, 2011).

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A interpretação dos dados das variáveis de produtividade, composição química dos tecidos vegetais e do solo, e características sensoriais foram realizadas através da análise de intervalos de confiança das médias, a 95% de confiança, conforme metodologia proposta por Payton et. al (2008).

Dados de fertilidade do solo, luminosidade, produção de compostos secundários, e composição química de tecidos foliares foram relacionados juntamente com a produção de biomassa comercial, por meio de Matriz de Correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (ACP), visando melhor compreensão das relações de produtividade com as variáveis climáticas e ambientais acima descritas.

A análise sensorial consistiu de um delineamento inteiramente casualizado, sendo Os dados submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (0,95%).

Para os cálculos estatísticos, bem como para confecção dos gráficos foram utilizados os programas estatísticos R (R CORE TEAM, 2016), e Sigma Plot for Windows (Sigma Plot; Systat Software Inc) versão 12.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A luminosidade apresentou alto coeficiente de correlação com as variáveis produção por planta, área foliar, teor de cafeína, potássio foliar, e potássio no solo (Figura 8).

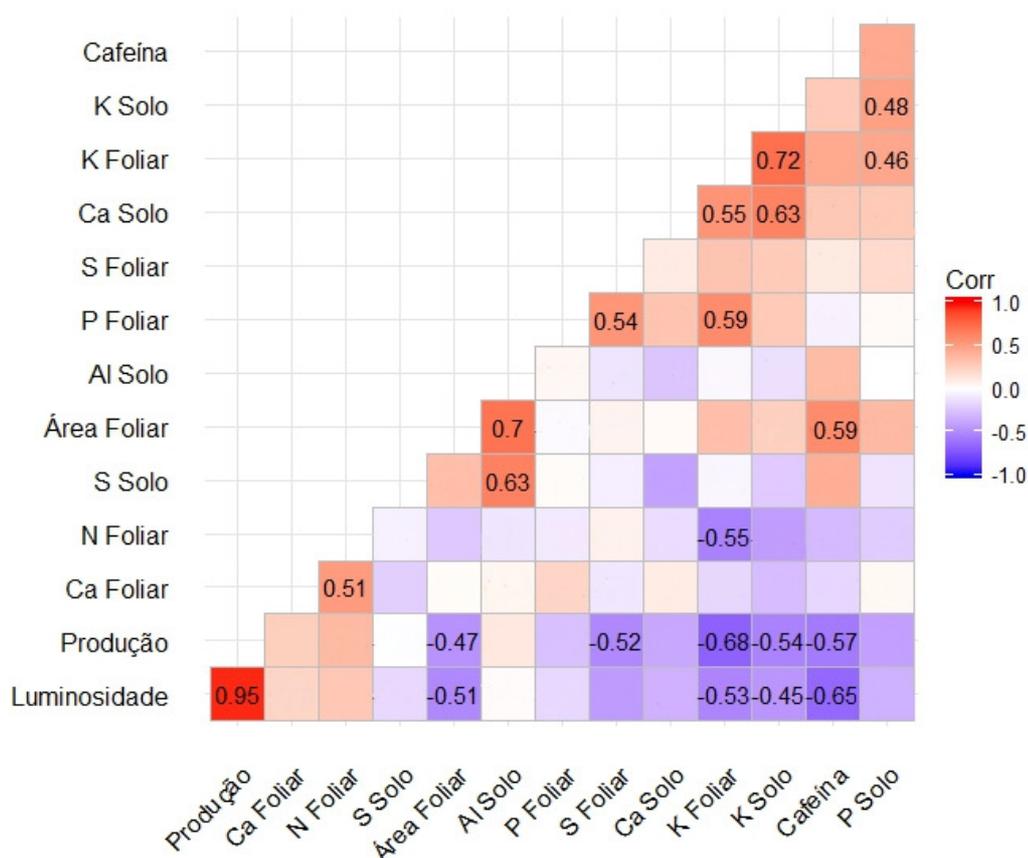


Figura 8. Matriz de correlação de variáveis produtivas e químicas em plantas de erva-mate submetidas a diferentes níveis de sombreamento. * Coeficiente de correlação de 0,433, é significativo ($p < 0,05$). Em que K foliar= potássio foliar, K Solo= potássio no solo; S foliar= enxofre foliar; S Solo= enxofre no solo; Al Solo= alumínio no solo; N Foliar= nitrogênio foliar; Ca Solo= cálcio no solo; Ca Foliar= cálcio foliar; P Foliar= fósforo foliar; P Solo= fósforo no Solo.

Quanto maior a luminosidade, maior a produção encontrada (Figura 9), podendo este fator estar relacionado com a atividade fotossintética em plantas adultas de erva-mate cultivadas sob altas intensidades de radiação (TAIZ e ZEIGER, 2004).

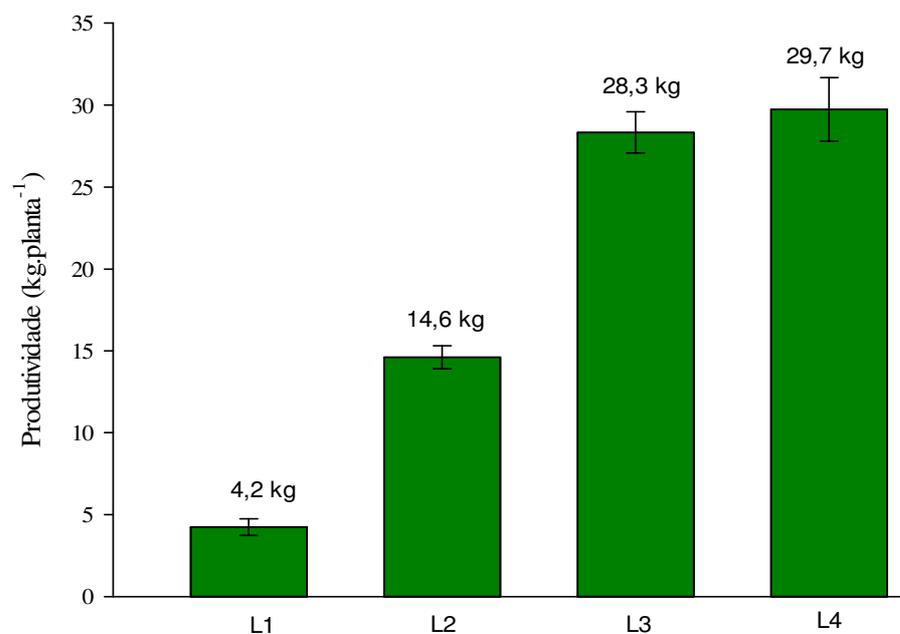


Figura 9. Valores de produção (kg planta⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices luminosos. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.

Os valores de produtividade aumentaram com o aumento das intensidades de luminosidade, sendo que as maiores produções foram verificadas em L4 e L3, com produtividade de 29,74 e 28,34 kg planta⁻¹, respectivamente, não sendo verificadas diferenças significativas entre esses tratamentos. A Intensidade Luminosa L2 apresentou produtividade média intermediária, com 14,6 kg planta⁻¹, enquanto L1 obteve os menores valores, com produção de 4,24 kg planta⁻¹.

A maior produção observada em L4 pode ser explicada pela inexistência de cobertura vegetal no dossel superior, favorecendo com que maiores quantidades de radiação atinjam as folhas da erva-mate, proporcionando maiores taxas de fotossíntese líquida e por consequência maior produção de foto assimilados (CARON et al., 2014).

De acordo com MONTEITH (1977), há uma relação direta entre a energia incidente em um sistema e a capacidade de as plantas assimilarem e fixarem carbono na forma de tecidos vegetais. A produção total de matéria seca está intimamente ligada à quantidade de energia fotossinteticamente ativa assimilada ao final do ciclo da cultura.

Para a erva-mate plantada em diferentes intensidades luminosas, foi observado comportamento semelhante, com a cultura produzindo maiores taxas de incremento quando conduzidas em pleno sol (RAKOCEVIC et al., 2006). Já para, Mazuchowski et al. (2007), os maiores incrementos de matéria seca observados na cultura foram obtidos em ervais com luminosidade incidente entre 50 e 30%, diferindo dos resultados encontrado nesta pesquisa.

Apesar de a planta apresentar problemas de desenvolvimento em pleno sol enquanto estágio juvenil (muda), devido a problemas de escaldadura e dessecação pelo calor, quando adulta desenvolve-se de forma satisfatória em altas condições luminosas, apresentando as melhores taxas de crescimento nas estações mais quentes (DANIEL, 2009). Este fator aliado às condições ambientais favoráveis permite com que a planta expresse seu máximo potencial genético. Valores de radiação inferiores a 50% já apresentam a capacidade de provocar redução na fixação de carbono pela espécie (COELHO et al., 2000).

A área foliar apresentou coeficiente de correlação significativo com as variáveis luminosidade, produção, alumínio no solo e cafeína. Observou-se aumento deste variável com a diminuição da luminosidade incidente (Figura 10), apresentando em L1 área de 62,3 $\text{cm}^2.\text{folha}^{-1}$ enquanto em L4 a área foliar foi de 38,9 $\text{cm}^2.\text{folha}^{-1}$, valor aproximadamente 40% inferior.

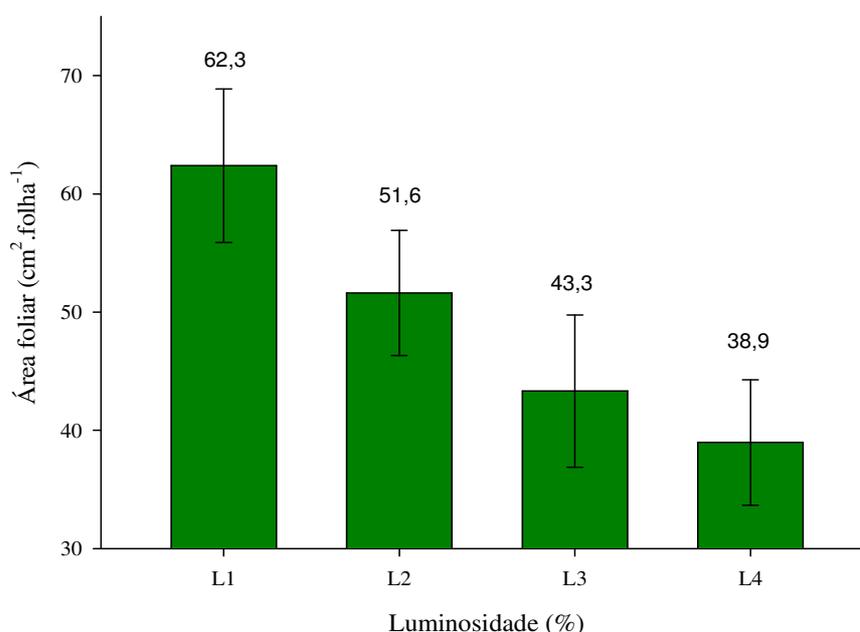


Figura 10. Área foliar ($\text{cm}^2.\text{folha}^{-1}$) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.

Para Tilman et al., (1988), a capacidade da planta desenvolver-se em sistemas sombreados está diretamente relacionada a adaptações morfológicas, destacando-se as alterações no formato e extensão das folhas. Plantas manejadas em sistemas com menor luminosidade incidente apresentaram área foliar superior (MAZUCHOWSKI et al., 2007) além de maior concentração de estômatos (MALAVOLTA et al, 2006) que as cultivadas em pleno sol.

A proteção contra os ventos, manutenção da temperatura e umidade propiciada pelo estrato superior em sistemas integrados afetam de forma direta os índices de área foliar em plantas de sub bosque, aumentando a longevidade das folhas, resultando em plantas com folhas maiores, as quais apresentam maior capacidade de interceptar a radiação incidente (DANIEL, 2009).

Como principal estratégia de sobrevivência, em sistemas com restrição luminosa intensa, a erva-mate tende a paralisar a emissão de folhas novas e brotações, resultando em plantas menos engalhadas, e por consequência menor incremento de matéria seca, além de características químicas diferentes quando cultivadas sem restrição de luz (RAKOCEVIC et al., 2006).

O teor de cafeína apresentou alto coeficiente de correlação com luminosidade, produção, e área foliar. As maiores concentrações do composto foram observadas em L1, diferindo significativamente das demais, enquanto L4 apresentou a menor concentração média deste composto (Figura 11).

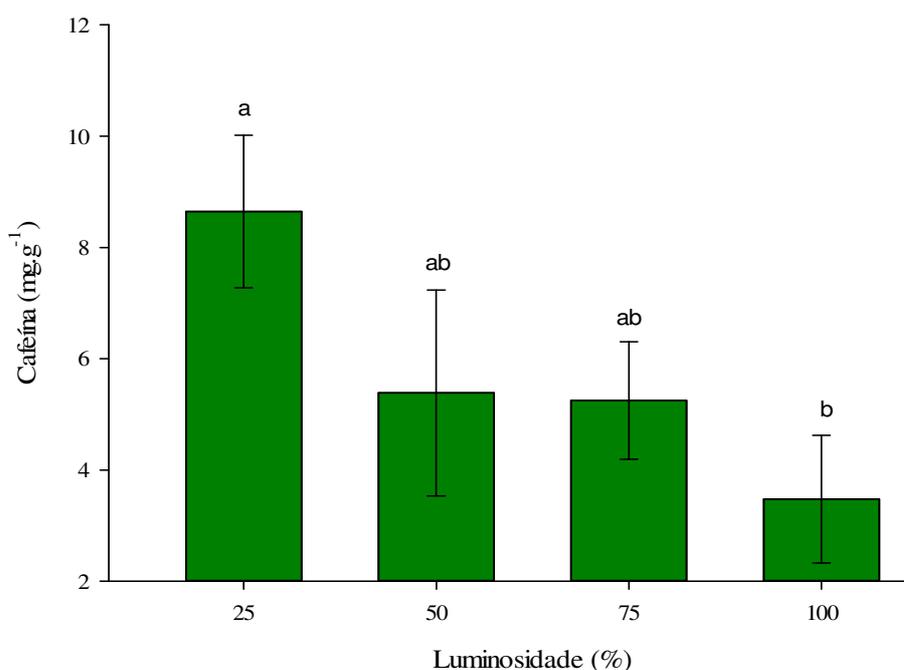


Figura 11. Concentração de Cafeína (mg.g⁻¹) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias.

Apesar de L4 apresentar o menor valor médio na concentração deste composto, não diferiu estatisticamente de L3 e L2. Os resultados corroboram com Rakocevic et al. (2006), que verificaram que plantas de erva-mate cultivadas em ambiente sombreado apresentaram teores de cafeína superiores às cultivadas em pleno sol.

Para áreas cultivadas em condições de luminosidade elevada, além de mudanças morfológicas, as concentrações deste composto são menores apesar da produtividade em termos de matéria seca total ser significativamente superior (CARON et al., 2014). Este fator pode estar ligado ao efeito de diluição de compostos nos tecidos vegetais, uma vez que em áreas mais sombreadas a emissão de novas folhas, bem como a produção de matéria seca é reduzida, quando comparadas com ambientes sem restrições luminosas.

Outro fator que pode estar relacionado às menores concentrações de Cafeína em plantas cultivadas em pleno sol diz respeito à estabilidade da substância, que pode ser degradada pela elevação da temperatura (ESMELINDRO et al, 2002) provocada pela incidência direta de luz sobre a superfície foliar.

A produção de compostos secundários está relacionada a resposta da planta às situações de estresse, e necessidade de adaptar-se a ambientes adversos (Li et al. 1993), podendo-se inferir que as maiores concentrações de cafeína podem ser resultado de perturbação fisiológica provocada por fatores bióticos e abióticos (Miyashira et al., 2012).

O potássio foliar demonstrou coeficiente de correlação positivo com, cálcio, fósforo e potássio no solo e fósforo foliar, e negativo com luminosidade, produção por planta e magnésio foliar. Para o elemento (Figura 12) verificou-se comportamento decrescente com o aumento da luminosidade, com maiores concentrações do nutriente observadas no estrato luminoso L1, com $16,5 \text{ g.kg}^{-1}$, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, enquanto a menor média foi observada em L3, com $8,1 \text{ g.kg}^{-1}$.

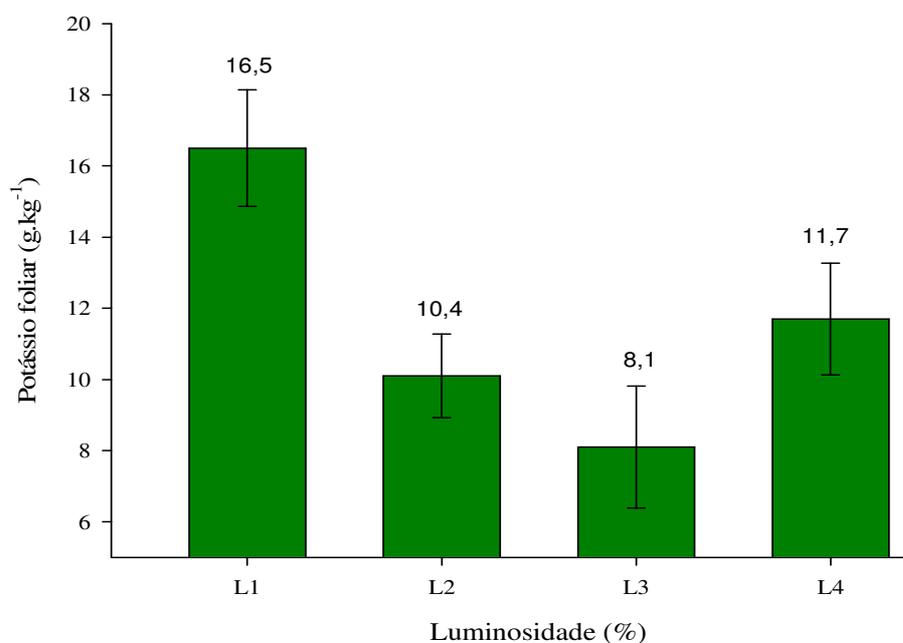


Figura 12. Potássio foliar (g.kg^{-1}) em plantas de erva-mate manejadas sob diferentes índices de luminosidade. Intervalo de confiança (95% de significância) das médias das concentrações

Uma vez que luminosidade em ambientes sombreados é restrita, plantas nestas condições necessitam de maior eficiência fotossintética, demandando maiores concentrações de potássio, a fim de controlar os processos de regulação osmótica e transpiração, intimamente ligados com o processo de fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004). Comportamento inverso foi verificado por Rachwal et al.(2002), onde as concentrações de potássio em plantas de erva-mate foram de 11,5, 15,3 e 16,2 g kg⁻¹ para 19, 48 e 77% de luminosidade relativa, respectivamente.

Em fase produtiva, a cultura demanda de altas concentrações do nutriente, respondendo de forma significativa a adição de K₂O no solo, sendo que nesta fase, o teor de K foliar adequado encontra-se na faixa de 16,0 g kg⁻¹ (SANTIN et al, 2014).

O Alumínio no solo apresentou coeficiente de correlação significativo com a área foliar e com o enxofre no solo. As concentrações do nutriente (Figura 13) aumentaram com o aumento da luminosidade incidente, com L1 apresentando 2,9 cmol_c.dm⁻³ e L3 com 3,1 cmol_c.dm⁻³. Estes valores podem estar relacionados aos maiores teores de matéria orgânica no solo (LIMA et al., 2007) provocados pela deposição e decomposição da serapilheira encontrados nos ambientes sombreados..

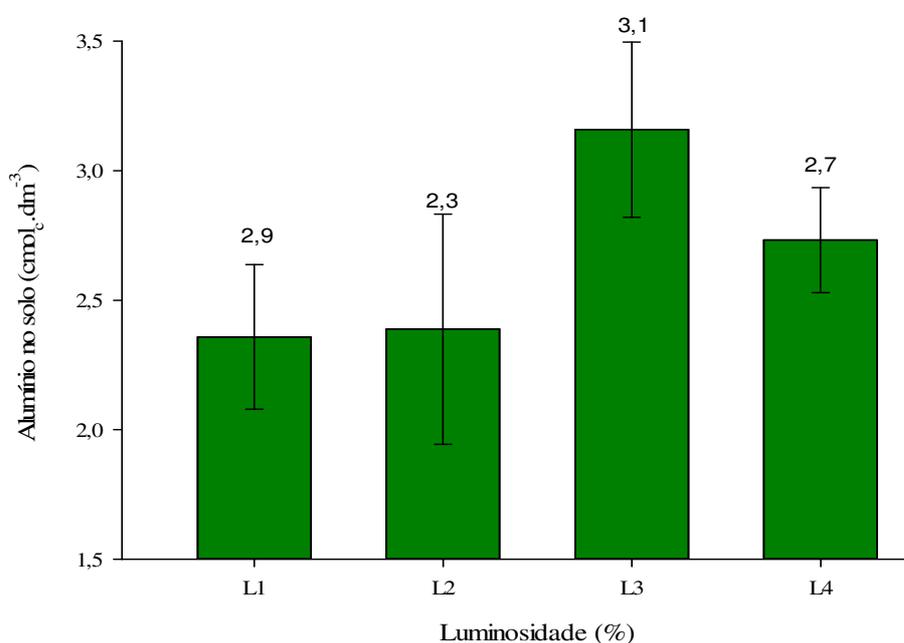


Figura 13. Intervalo de confiança (95% de significância) de médias da concentração de Alumínio no solo cmol_c.dm⁻³ sob diferentes índices de luminosidade.

Apesar do Al³⁺ figurar como elemento tóxico, disputando sítios ativos com demais bases trocáveis, os teores de matéria orgânica encontrados na grande maioria dos ervais cultivados

tende a neutralizar os efeitos deste elemento, permitindo com que a cultura expresse o potencial produtivo mesmo em altas saturações deste elemento (DANIEL, 2009). Além disso, observa-se que os maiores rendimentos foram encontrados nas unidades amostrais de L4, onde concomitam os maiores índices de alumínio, não destacando-se como fator limitante de produção.

A redução nos teores de Al^{3+} no solo pode ser potencializada pela prática da adubação verde, onde além de manter o solo do erval livre da incidência do sol e diminuir o desenvolvimento de plantas daninhas, os restos das culturas tendem a aumentar os teores de matéria orgânica, diminuindo os efeitos provocados por este elemento (PEREZ et al., 1997).

O enxofre no solo e o alumínio no solo apresentaram coeficiente de correlação 0,65, apesar de não apresentarem correlação com as demais variáveis estudadas. São verificadas diferenças estatísticas significativas nas concentrações médias de enxofre no solo, com L4 diferindo estatisticamente de L1.

De acordo com Malavolta et al. (1997), maiores relações de enxofre na forma SO_4^{2-} (íon sulfato) tendem a complexar o alumínio no formato $Al_2SO_4^{2-}$, indisponibilizando este nutriente. Além do fornecimento de fontes externas, a disponibilidade do enxofre no solo varia em função da decomposição da matéria orgânica de restos culturais, sendo que o microclima proporcionado pelos sistemas mais sombreados, qualidade e quantidade da serapilheira, e índices de umidade no solo, podem ter influenciado na disponibilidade deste nutriente (RHEINHEIMER et al., 2005).

Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações dos elementos cálcio, potássio no solo e fósforo nos diferentes estratos luminosos. Rachwal et al (2002) observaram resultados semelhantes, não encontrando diferença significativa entre as concentrações destes nutrientes no solo.

Comportamento diferente foi relatado por Quadros et al. (1992), os quais verificaram teores de fósforo no solo crescentes com o aumento da luminosidade e potássio no solo decrescente para ambientes sombreados.

O Coeficiente de correlação entre luminosidade e as variáveis área foliar, cafeína, potássio foliar apresentou alta correlação negativa. Para áreas manejadas em condições de luminosidade elevada, além de a planta produzir folhas menores, as concentrações destes compostos são menores. Por outro lado, a produtividade em termos de matéria seca total é significativamente superior (CARON et al., 2014), podendo relacionar as baixas concentrações destas substâncias ao efeito de diluição e degradação de compostos pela incidência direta de luz (ESMELINDRO et al, 2002).

O potássio foliar demonstrou coeficiente positivo com cálcio, fósforo e potássio no solo e fósforo foliar, e negativo com luminosidade, produção por planta e magnésio foliar. Para o potássio no solo, os coeficientes foram positivos para fósforo e cálcio no solo, área foliar, e luminosidade (Figura 15).

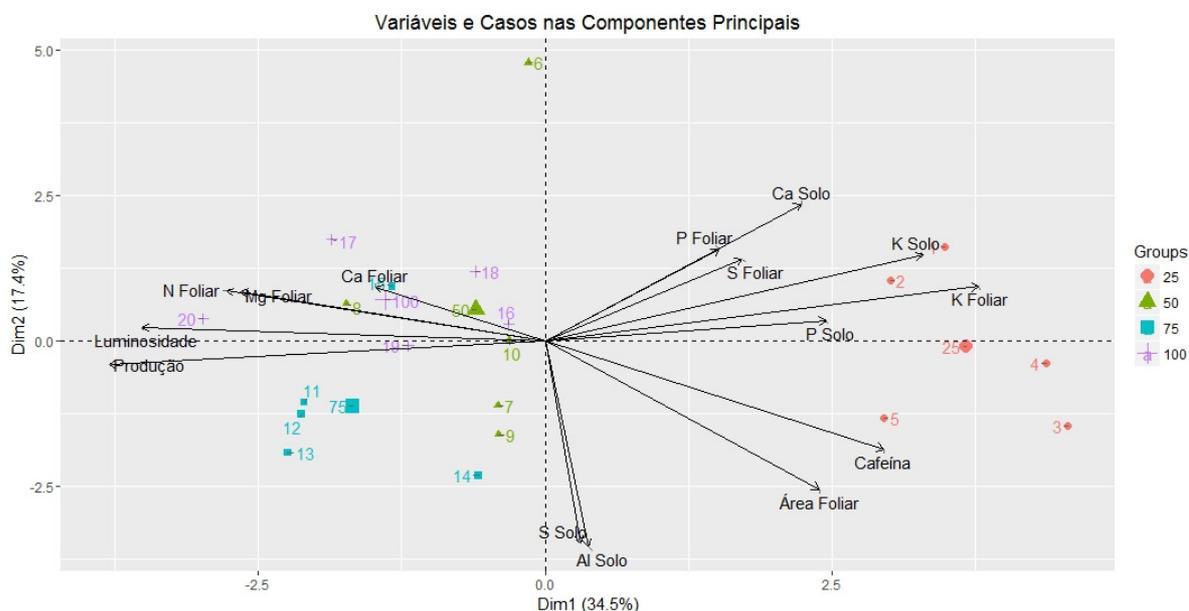


Figura 14. Análise gráfica dos Componentes Principais para as variáveis de produtividade e composição química de plantas de erva-mate cultivadas sob diferentes índices de luminosidade. Em que K foliar= potássio foliar, K Solo= potássio no solo; S foliar= enxofre foliar; S Solo= enxofre no solo; Al Solo= alumínio no solo; N Foliar= nitrogênio foliar; Ca Solo= cálcio no solo; Ca Foliar= cálcio foliar; P Foliar= fósforo foliar; P Solo= fósforo no solo.

Pela análise de componentes principais pode-se verificar a formação de grupos distintos, englobando as variáveis em função dos níveis de luminosidade.

O primeiro grupo formado engloba as variáveis cafeína, área foliar, potássio no solo e potássio foliar, agrupando as amostras 1, 2, 3, 4 e 5, as quais compõem o tratamento com menor índice de luminosidade incidente (25%).

Nestas condições de luminosidade observa-se menor desenvolvimento da parte aérea da planta, resultando em menores valores incremento de matéria seca, e maior acúmulo de cafeína. Além disso, a termo de degradação do composto (ESMELINDRO et al., 2002), o qual se torna expressiva quando do contato direto com radiação solar, tem seu efeito anulado pela interceptação da luminosidade provocada pela copa das plantas do dossel superior.

O potássio foliar observado como componente principal no índice de luminosidade 25%, está diretamente relacionado à necessidade da maximização da eficiência fotossintética. O elemento apresenta como principal função fisiológica o controle do potencial osmótico da planta, sendo concentrado nas células guarda dos estômatos, administrando sua abertura e fechamento, e por consequência, influenciando na taxa de água liberadas no processo de evapotranspiração (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Um segundo grupo foi formado compreendendo as variáveis luminosidade, produção, nitrogênio foliar, magnésio foliar e cálcio foliar, englobando as amostras “16, 17, 18, 19 e 20”, as quais pertencem ao índice de luminosidade 100%.

O comportamento da variável produção pode estar relacionado à maior incidência de energia fotossinteticamente ativa sobre as folhas da cultura, e por consequência maior produção do fotoassimilados (CARON et al, 2014). Além disso, uma vez que a planta não observe impedimentos físicos para seu desenvolvimento, esta tende a potencializar a emissão de brotações, resultando em plantas mais engalhadas e por consequência maior deposição de matéria seca.

Os teores de nitrogênio foliar e magnésio foliar encontrados no ambiente de maior energia incidente podem estar relacionados à dinâmica destes compostos no processo de fotossíntese. Como altos índices de energia incidente alcançaram o dossel, a planta pode ter assimilado maiores concentrações destes compostos a fim de maximizar a fixação de carbono, fato observado na análise da produtividade.

As médias dos atributos da análise sensorial podem ser verificadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Média dos índices de aceitabilidade e testes sensoriais afetivos e intenção de compra, realizados para amostras de erva-mate cultivados sob diferentes intensidades luminosas.

Atributo	L1	L2	L3	L4
Aparência	7,86±0,26 ^{ns}	7,89±0,25 ^{ns}	7,57±0,36 ^{ns}	7,54±0,33 ^{ns}
IA (%)	87,37	87,63	84,09	83,78
Aroma	7,20±0,42 ^{ns}	7,41±0,41 ^{ns}	7,40±0,36 ^{ns}	7,09±0,48 ^{ns}
IA (%)	90,06	82,32	82,32	78,79
Sabor	7,25±0,41 ^{ns}	7,52±0,39 ^{ns}	7,64±0,39 ^{ns}	7,16±0,53 ^{ns}
IA (%)	80,56	83,59	84,85	79,55
Aceitação global	7,50±0,34 ^{ns}	7,45±0,46 ^{ns}	7,32±0,35 ^{ns}	7,20±0,38 ^{ns}
IA (%)	83,33	82,83	81,31	80,05

^{ns} - Não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05); EPM: erro padrão da média; L1: 25% de luminosidade incidente, L2: 50% de luminosidade incidente; L3: 75% de luminosidade incidente e L4: 100% de luminosidade incidente.

Não foram observadas diferenças significativas para os atributos aparência, aroma, sabor, aceitação global e intensão de compra para as amostras de erva-mate cultivadas sob diferentes intensidades luminosas. Todas as amostras apresentaram índices de aceitabilidade acima de 70% (COSTA et al., 2013), índice considerável satisfatório para produtos destinados ao mercado de consumo direto, demonstrando eficiência no processamento das amostras para análise sensorial.

Para Maccari Junior (2009), amostras de erva-mate compostas por diferentes concentrações químicas, como teor de cafeína, não apresentaram diferenças significativas nas características sensoriais do produto. Já para amostras de plantas com diferentes características morfofisiológicas, observou-se diferenças significativas nos atributos sabor e cor, para os morfotipos amarelo e sassafrás, respectivamente.

Para Rakocevic (2006), o sombreamento apresentou efeitos significativos sobre o sabor, sendo que em mono cultivo, folhas de erva-mate submetidas ao auto sombreamento apresentaram sabor menos suave que as folhas das ponteiras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a importância da erva-mate no contexto histórico da região Sul do Brasil, bem como o comportamento da cultura, quando tratada como negócio, torna-se necessário, cada vez mais, promover atividades que agreguem benefícios a este setor. O desenvolvimento de estudos que visem, além de incrementos em produtividade, analisar a cultura do ponto de vista qualitativo, a fim de disponibilizar cada vez mais um material de qualidade para o mercado consumidor, elevará a atividade ervateira a um patamar superior, viabilizando a cultura como fonte de renda e subsistência.

Além do foco em produção e qualidade, exigidos pelo mercado atual, devem ser tomadas decisões inerentes ao aspecto político, uma vez da inexistência de políticas públicas que protejam os produtores rurais da instabilidade do mercado. Uma vez que a remuneração paga pela matéria prima é determinada pelas empresas ervateiras, e não por políticas públicas, os preços abusivos tendem a desencorajar produtores a realizarem investimentos necessários, mantendo níveis de produtividade abaixo do aceitável, ou até mesmo desistir da erva-mate como meio de sustento.

O reflexo da falta de atenção dada à cultura pode ser evidenciado na escassez de programas de pesquisa, baixo investimento em desenvolvimento de tecnologias, e por consequência, reduzido número de trabalhos científicos encontrados. Neste contexto, o trabalho literário é dificultado pela escassez de fontes de pesquisa, limitando-se a trabalhos pontuais, de pesquisadores visionários, que ainda apostam na cultura como potencial fonte geradora de recursos em um futuro próximo.

A análise da cultura, englobando-se os aspectos de composição química, bem como as necessidades nutricionais começam a despontar, principalmente como fruto de grupos de pesquisa ligados a instituições governamentais, como por exemplo a Embrapa, além de grupos ligados a instituições de ensino, como universidades estaduais e federais. Apesar disso, os trabalhos voltados às características qualitativas, como composição de tecidos vegetais, e em especial, a análise sensorial do produto industrializado, são quase que inexistentes, não existindo trabalhos de base para incorporação de metodologia.

No presente estudo, a principal dificuldade encontrada foi exatamente a inexistência de trabalhos semelhantes, sendo necessário o desenvolvimento e avaliação de uma metodologia pioneira, a qual permitisse chegar a um resultado contundente. Uma vez que as quantidades de produto processadas para a realização da análise sensorial são pequenas, foi necessário adaptar todos os processos produtivos, deste que é uma cultura que apresenta várias etapas de

beneficiamento, sendo que problemas em qualquer destas etapas acarreta na inutilização do material experimental.

A escassez de trabalhos científicos quando comparada às demais culturas agrícolas, bem como a quantidade de linhas de pesquisa que a erva-mate possibilita, fazem dela uma cultura promissora no aspecto científico, sendo que descobertas, mesmo que básicas, trazem benefícios ao setor, que tende a se fortalecer no cenário nacional. Uma vez que institutos voltados ao fortalecimento da atividade vem despontando nas discussões de políticas econômicas e de garantia de remuneração, e que a indústria vem buscando cada vez mais matéria prima de qualidade, a tendência é a cultura figurar, em um futuro próximo, como importante atividade geradora de recursos, bem como despontar no mercado internacional, não como matéria prima, mas como produtos elaborados, com valor agregado, tornando-se cada vez mais atrativa e rentável ao produtor rural.

7 CONCLUSÕES

A produção de biomassa comercial em plantas de erva-mate obteve incremento com o aumento da luminosidade incidente;

Plantas sombreadas apresentaram maior área foliar e maiores concentrações de cafeína que plantas cultivadas em pleno sol;

O Potássio foliar, o Enxofre no solo e o Alumínio no solo apresentaram alteração de suas composições em função dos índices de luminosidade, enquanto os demais elementos permaneceram inalterados;

Pela análise sensorial não foram verificadas diferenças significativas no sabor, aparência, aroma, impressão global e intensão de compra.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.R; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil, **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 2013, p. 711-728.

ANDRADE, F. M. **Exploração, manejo e potencial socioeconômico da erva-mate**. In: SIMÕES, L. P.; LINO, C. F. (Org.). Sustentável mata atlântica: a exploração de seus recursos florestais. 2. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2002. p. 19-34.

BOGUSZEWSKI, J. H. Uma história cultural da erva-mate: o alimento e suas representações. Curitiba: UFPR, 2007, 123 p. **Dissertação** Mestrado (em História), Curso de Pós-Graduação em História, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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

CARON, B. O.; SANTOS, D. R.; SCHMIDT, D.; BASSO, C. J.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BAMBERG, R. Biomassa e acúmulo de nutrientes em *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 24, n. 2, 2014. p. 267-276.

CARON, B.O., SCHMIDT, D., MANFRON, P.A., BEHLING, A., ELOY, E. BUSANELLO, C. 2014. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciência Florestal** v 24, 2014. p. 257-265.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa - CNPF; Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 639.

COELHO, G. C. et al. Efeitos do sombreamento sobre a sobrevivência, morfologia e química da Erva- Mate. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 2., 2000, Encantado. **Evangraf**, 2000, p. 396-399.

COSTA, A. V. S.; NICOLAU, E. S.; TORRES, M. C. L.; FERNANDES, P. R.; ROSA, S. I. R.; NASCIMENTO, R. C. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e

- sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, 2013. p. 209-226.
- DANIEL, O. **Erva-mate: Sistema de produção e processamento industrial**. 1ª Ed. Dourados: UFGD, 2009.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 3. ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.
- EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Manual da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.)**. Curitiba: EMATER, 1991. 104p. 2ª edição.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 2º edição, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. : Brasília, DF. 2013. 353p.
- EMBRAPA – **Cambona 4, desenvolvimento de uma progênie biclonal de erva-mate em Machadinho – RS**. Colombo, EMBRAPA Florestas, 2011, p. 224.
- ESMELINDRO, M. A.; TONIAZZO, G.; WACZUK, A.; DARIVA, C.; OLIVEIRA, D. de. Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, 2002. p. 193-204.
- FERREIRA, L.F.D. Obtenção e caracterização de farinha de bagaço de uva e sua utilização em cereais matinais expandidos. 157p. **Tese** (Doutorado em Nutrição) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- GOLFARI, L.; CASER, R.L. & MOURA, V.P.G. - **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: 2a. aproximação**. Série técnica. PRODEPEF, Brasília (11): 1978. p. 1-66.
- GUTKOSKI, L.C.; SCHULZ, J.G.; SAMPAIO, M.B.; SILVA, D.R. Avaliação de parâmetros físicos e químicos de marcas de erva-mate processadas em diferentes épocas. **Boletim do**

Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), Curitiba, v. 19, n. 1, 2001. p. 95- 104.

JADOSKI, S. O. et al. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, suplemento 1 2012. p. 2545-2554.

JUNIOR, W. F. R.; MILOCA, L. M.. **Sistema Agroindustrial Ervateiro**. Perspectivas e Debates. Cascavel, Editora Coluna do saber, 2007.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; SILVA, M. I. L.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 1, 2007. p. 15-21,

LINHARES, T. **História econômica do mate**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1969, 522 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol. 1, 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, 368p.

MACCARI JUNIOR, A. Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão. Campinas: UNICAMP, **Tese** (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 2005. p. 199.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p. 319.

MARCHESE, J. A.; FIGUEIRA, G. M. O uso de tecnologias pré e pós-colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 7, n. 3, 2005. p. 86-96.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)**.Curitiba: EMATER, 1989. 104 p.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; SILVA, E. T.; MACCARI JR, A. M. Efeito da luminosidade e da adição de nitrogênio no crescimento de plantas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Rev. Árvore** v. 31 n. 4 Viçosa, Jul/Ago. 2007.

MEDRADO, M. J. S. Adensamento e conversão. In: EMBRAPA. Sistemas de produção: cultivo da erva-mate, 2ª ed. Embrapa Florestas: versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>, acesso em 22 Out. 2016.

MIYASHIRA, C. H.; TANIGUSHI, D. G.; GUGLIOTTA, A. M.; SANTOS, D. Influence of caffeine on the survival of leaf-cutting ants *Atta sexdens rubropilosa* and in vitro growth of their mutualistic fungus. **Pest Management Science**, Vol. 68, n 6, 2012. p. 935–940.

MONTEITH, J. L. Distribuição de luz e fotossíntese em culturas de campo. **Anais de Botânica**, Oxford, v. 29, p. 17- 37, Mar. 1965.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, 2004 p.1103-1110.

OLIVEIRA, Y.M.M.; ROTTA, E. **Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10, 1983, Curitiba. **Anais...**Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1985. p. 17-36.

PASINATO, R.. Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil. Piracicaba: ESALQ, 2003, 112 p. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PAYTON, M.E.; MILLER, A.E. & RAUN, W.R. Testing statistical hypothesis using standard error bars and confidence intervals. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.**, n. 31, 2000. p. 547-551.

PEREZ, J.; WISNIEWSKI, C.; MORENO, V.D.C. **Introdução de diferentes tipos de adubação verde em plantio de erva-mate: efeito nas características químicas e biológicas do solo**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVAMATE, 1, Colombo. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1997. p. 446.

QUADROS, R. M. B.; REISSMANN, C. B.; ADOMSKI, M. I. Comparação dos teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.), em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. Programa e resumos. Porto Alegre: **FAPERGS**: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1992. p. 30.

RACHWALL, M. F. G.; CURCIO, G. R.; DEDECEK, R. A.; NIETSCHE, K.; S FILHO, F. E. ; VOGEL, R. C. **Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e tanino em folhas de erva-mate.** . In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2.; REUNIÃO TÉCNICA DA ERVAMATE, 3., Encantado, RS. Anais... Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, 2000. p. 417-420

RAKOCEVIC, M.; MEDRADO, M. J. S.; LUCAMBIO, F.; VALDUGA, T. A. Influência do sexo, da sombra e da idade das folhas no sabor do chimarrão. In: CONGRESO SUDAMERICANO 4; REUNIÓN TÉCNICA 4 E EXPOSICIÓN DE AGRONEGOCIOS DE LA YERBA MATE 2. Posadas, 2006. **Actas...** Posadas, Misiones, 2006, p. 31-36.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

REISSMANN, C. B.; DÜNISCH, O.; BOEGER, M. R. Relação entre a nutrição Biológica (Fe, Mn, Ca) e características estruturais de morfotipos planta de Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: HÜTTEL, R. (Ed.). **Aachen: Shaker Verlag.** p. 146-171. 2003. p. 249.

RESENDE, Marcos Deon Vilela; **Programa de Melhoramento da Erva-mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.W.R.; OSORIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S.; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, 2005. p.562-569.

SANTIN, D., Produtividade e disponibilidade de nutrientes influenciadas pela calagem, adubação NPK e intervalos de colheita em erva-mate.. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa-MG. 2013. p. 104.

SANTIN D.; BENEDETTI E. L.; BARROS N. F.; ALMEIDA I. C.; LEAL G. P.; FONTES L.; NEVES J. C. L.; WENDLING I.; REISSMANN C.; Effect of potassium fertilization on yield and nutrition of yerba mate (*ilex paraguariensis*). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 38:, 2014. p. 1469-1477.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento DERAL - Departamento de Economia Rural; **Produtos Florestais - Erva-mate**, dezembro de 2013. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/Erva_Mate_2013_2014.pdf Acesso em: 01 Jul. 2016.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento DERAL - Departamento de Economia Rural; **Produtos Florestais - Erva-mate**, Janeiro de 2014. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/erva_mate_2014_2015.pdf. Acesso em: 01 Jul. 2016.

SHIBLES, R. M., WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science, Madison*, v. 6, n. 1, 1966. p. 55-59.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. p. 719

TILMAN, D. **Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1988. p. 362.