

## BIOMASSA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM *Ilex paraguariensis* A. St. Hil.

### BIOMASS AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS IN *Ilex paraguariensis* A. St. Hil.

Braulio Otomar Caron<sup>1</sup> Danilo Rheinheimer dos Santos<sup>2</sup> Denise Schmidt<sup>1</sup> Claudir José Basso<sup>1</sup>  
Alexandre Behling<sup>3</sup> Elder Eloy<sup>4</sup> Rogerio Bamberg<sup>3</sup>

#### RESUMO

Ainda são poucas as informações sobre a influência da luminosidade na produção de biomassa bem como no teor de alguns nutrientes em folhas de *Ilex paraguariensis*. Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de biomassa da parte aérea da *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (ramos e folhas) e o teor de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio e ferro em folhas produzidas em dois sistemas de cultivos, consorciado com *Pinus elliottii* Engel. e solteiro, ao longo das estações do ano no município de Frederico Westphalen-RS. Os resultados mostraram que a produção de biomassa da *Ilex paraguariensis* (folhas + ramos) é maior no cultivo solteiro quando comparada ao consorciado, porém, quando comparados os dois sistemas de cultivo com relação aos teores de fósforo, mas principalmente cálcio, magnésio e ferro, observou-se uma variação pequena para as diferentes épocas do ano, o que indica uma atividade metabólica mais constante da planta de erva-mate sob uma condição mais sombreada, o que torna um importante fator na qualidade final do produto.

**Palavras-chave:** luminosidade; sistemas de cultivo; erva-mate.

#### ABSTRACT

They are still few the information on the influence of the brightness in the production of biomass as well as in the concentration of some nutritious in leaves of *Ilex paraguariensis*. This work aimed to evaluate the production of dry matter of the aerial part of the *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (branches and leaves) and the concentration of nitrogen, potassium, magnesium and iron in leaves produced in two systems of cultivations, intercropping with *Pinus elliottii* Engel. and single, along the seasons in the municipality of Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul state. The results showed that the production of biomass of the *Ilex paraguariensis* (leaves + branches) is larger in the single cultivation when compared to the intercropping. However, when comparing the two cropping systems with respect to phosphorus, but especially calcium and magnesium, there was a small variation for different periods of the year, which indicates a more constant metabolic activity of the plant yerba mate in a more shaded condition, which makes it an important factor in the final quality of the product.

**Keywords:** brightness; cultivation systems; yerba mate.

1 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Linha Sete de Setembro s/n, BR386, Km40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. otomarcaron@yahoo.com.br - schmidtbr2000@yahoo.com.br-claudirbasso@gmail.com

2 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 9715-900, Santa Maria (RS), Brasil. danilonesaf@gmail.com

3 Engenheiro Florestal, Msc., Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. alexandre.behling@yahoo.com.br - rogeriobamberg@yahoo.com.br

4 Engenheiro Florestal, Msc., Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, BR386, Km40, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. eloyelder@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.), espécie nativa da Região Sul do Brasil, além da Argentina e Paraguai, compreende 450.000 km<sup>2</sup> cultivados, constituindo cerca de 5% do território nacional e 3% da América do Sul (ROTTA e OLIVEIRA, 2007). Em 2010, 227.462 toneladas de folhas desta espécie foram colhidas no País, onde o maior produtor foi o Paraná, com cerca de 73,24% do total da produção nacional (IBGE, 2010).

Dentre os fatores abióticos que afetam a fisiologia e a morfologia dos vegetais, a luz tem sido apontada como um dos mais importantes. Estudos avaliando a influência da luz sobre o crescimento vegetal indicam que plantas de ambientes sombreados geralmente alocam maior quantidade de biomassa nas folhas e possuem maior área foliar por unidade de massa (POORTER, 1999; LEE et al., 2000). Por outro lado, plantas expostas à luz solar intensa, investem em biomassa radicular, ou seja, priorizam o crescimento radicular para compensar a perda de água por transpiração e devido às altas taxas fotossintéticas, produzem maior biomassa por unidade de área foliar e altas taxas de renovação das folhas (POORTER, 1999).

Considerando que o *habitat* natural da erva-mate é sub-bosque de florestas, ambiente sombrio, seu cultivo em povoamentos solteiros, com incidência direta de radiação solar, pode proporcionar um estresse ambiental, justamente por consequência da insolação, podendo assim, haver diminuição de biomassa aérea em relação à radicular, irregularidades na morfologia da folha e alterações fisiológicas que podem modificar o sabor final do produto. Além disso, estando fora de seu ambiente natural, há uma suscetibilidade de ocorrerem distúrbios nutricionais na espécie. Nota-se também que o melhor crescimento e desenvolvimento da erva-mate ocorreram em maiores níveis de sombreamento (POLETTO et al., 2010). Aponta-se que, plantas sombreadas apresentam maior teor de proteína bruta na lâmina foliar e maior relação lâmina foliar/colmo (SOARES et al., 2009).

Em um mercado cada vez mais exigente, cresce a importância da qualidade da erva-mate para o consumo. Tomando como caso que a erva-mate obtida de ervais sombreados possui um melhor sabor quando comparada à produzida sob pleno sol, algumas indústrias dão preferência ou até exclusividade as folhas do tipo sombreada e/ou nativa para formação do *blend* comercial e, por isso,

até pagando um pouco mais pela arroba do produto.

Frente às condições impostas pela luz na produção de biomassa e teores de nutrientes, como acima citado, aliado as condições econômicas de venda do produto, este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de biomassa da parte aérea de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (ramos e folhas) e o teor de nitrogênio, potássio, magnésio e ferro em folhas produzidas em dois sistemas de cultivos, consorciado com *Pinus elliottii* e solteiro, ao longo das estações do ano no município de Frederico Westphalen - RS.

## MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido no município de Frederico Westphalen - RS, sob as coordenadas geográficas 27°23'26"S, 53°25'43"W a 461 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é Cfa e, conforme Maluf (2000), Iraí, município distante aproximadamente 30 km de Frederico Westphalen apresenta clima de tipo subtropical subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C. Quanto à classificação do solo, o mesmo é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico profundo e o local de estudo é levemente ondulado (GUERRA et al., 2007).

Estudaram-se dois sistemas de cultivo de erva-mate: em consórcio com pinus e solteiro (cultivadas em pleno sol). No consórcio, as plantas de pinus com 34 anos, altura média de 25 m e diâmetro a altura do peito médio de 50,3 cm, sob espaçamento de 8 x 8 m, as plantas de erva-mate foram distribuídas num espaçamento de 4 x 4 m. No solteiro, o espaçamento foi de 3,10 x 3,10 m. Em ambos os sistemas as erva-mates possuíam a mesma idade, 22 anos.

No consórcio, as plantas de erva-mate possuíam altura média de 2,49 m e diâmetro a altura do peito média de 6,68 cm, ao passo que no solteiro, apresentou 2,65 m e 8,28 cm, respectivamente. Para fins de comparação entre os dois sistemas, as plantas no sistema solteiro foram manejadas com um único tronco, assim como no consórcio. Em relação aos tratamentos culturais, o mesmo foi conduzido somente no sistema solteiro por meio de roçadas semestrais, no sistema consórcio não foi necessário aplicar esta atividade.

Foram realizadas determinações de biomassa de folhas, de ramos e total (folhas + ramos) de três plantas de erva-mate (que foram escolhidas

por meio de um sorteio no início da condução da pesquisa) de cada sistema de cultivo por estação do ano, totalizando 30 plantas avaliadas no decorrer do estudo. No mês de dezembro de 2006, as plantas foram colhidas, considerando-se dessa maneira o ponto inicial das avaliações. As coletas de biomassa foram realizadas no início de cada estação do ano, nos dias 21 de junho, 24 de setembro e 21 de dezembro do ano de 2007, 20 de março e 21 de junho de 2008, início de inverno, primavera, verão, outono e inverno, respectivamente. Dessa maneira, obteve-se a biomassa acumulada no período estudado.

As avaliações foram realizadas concomitantemente nos dois sistemas de cultivos. Toda a biomassa de ramos e folhas coletada foi seca em estufa com circulação de ar a 60°C até atingirem peso constante, para determinação da biomassa e posterior preparo para as análises laboratoriais do teor mineral nas folhas.

Foram determinados os teores de nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, cálcio e ferro no tecido foliar. Para tal, amostras foram moídas em moinho “tipo Willey” (com 3 facas, 1725 rpm, malha 20 *mesh*, moído por 3 minutos) e digeridas. O teor de N total foi determinado via digestão sulfúrica e posterior destilação em destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldhal, enquanto os demais elementos: P, K e Mg foram determinados via digestão nitroperclórica e posterior leitura em espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio (TEDESCO et al., 1995).

A fim de conhecer o percentual de radiação global incidente que chegava à erva-mate no sistema consórcio, utilizou-se um piranômetro (LI200X, Li Cor) ligado a um *datalogger*. O aparelho foi instalado em nível, com um suporte próprio construído acima das copas das erva-mates. Os valores da radiação global incidente sob o pinus foram coletados a partir da estação meteorológica do INMET, vinculada ao Laboratório de Agroclimatologia (LAGRO) do Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), localizada cerca de 500 m da área experimental. Os dados foram coletados no período entre 01 de junho de 2007 a 30 de junho de 2008.

Os dados obtidos a campo foram submetidos à análise estatística, através do *software* SAS Learning Edition 8.0 (2002), em que se determinou a análise de variância, análise de regressão, teste F e o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os modelos estatísticos foram determinados utilizando análise de variância para fator

quantitativo, no qual o teste F indicou qual o maior grau do polinômio significativo e as estimativas diferentes de zero e um.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de radiação solar global incidente, somente 15% esteve disponível para as erva-mates no sistema em consórcio (Figura 1), ou seja, o restante (85%) é interceptado, absorvido e emitido para a atmosfera pelo dossel do plantio de pinus. O crescimento das plantas depende do saldo de biomassa acumulada pela fotossíntese (MONTEITH, 1965; 1977). Tollenar e Bruulsema (1988) ressaltam em seus estudos, que ocorre uma relação linear entre biomassa produzida e a energia radiante interceptada ao longo do ciclo de um grande número de espécies. Em plantas sadias que possuem à disposição quantidades adequadas de água e nutrientes, a produção de biomassa seca é governada pela radiação fotossinteticamente ativa (MONTEITH, 1965; 1977). Shibles e Weber (1966) concluem que a produção de biomassa é função linear do acúmulo da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura, assim, à medida que este recurso é diminuído em determinado ambiente, é de se esperar que a produção siga a mesma tendência. Coelho et al. (2000) concluíram que na erva-mate, o grau de sombreamento necessário para gerar diferenças deve ser igual ou superior que 50% da luz natural. Thompson et al. (1992) também destacam que o microclima e em especial, a luminosidade, é um fator impactante sobre determinadas características da erva-mate, como área foliar e produção de biomassa. Assim, a produção no sistema de consórcio, certamente não será igual a pleno sol, o que foi constatado durante a condução deste estudo, pois como verificado, somente 15% do total de radiação incidente estão disponíveis para a erva-mate sombreada.

O fator luz é importante no crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por prover sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades (ATROCH et al., 2001). Assim, a capacidade de plantas competirem em condições de maior ou menor luminosidade vai depender das estruturas morfológicas e fisiológicas, ou seja, das estratégias adaptativas (TILMAN, 1988). A erva-mate é considerada planta de local sombreado aceitando sombra em qualquer idade e tolerando uma maior

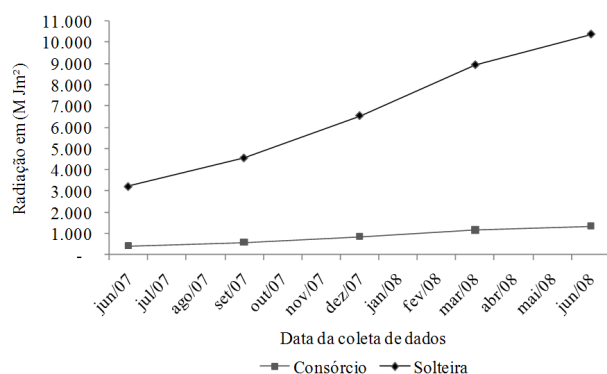


FIGURA 1: Radiação solar global incidente em cultivo de *Ilex paraguariensis* no sistema de consórcio e solteiro em Frederico Westphalen - RS.

FIGURE 1: Radiation global solar incident in cultivation *Ilex paraguariensis* in the system consortium and single in Frederico Westphalen, RS state.

intensidade luminosa na fase adulta (CARVALHO, 2003). No entanto, conforme já destacado, níveis superiores ou iguais a 50% de redução de luz

natural já são suficientes para diminuir a produção de biomassa desta espécie (COELHO et al., 2000). Isso reforça que a disponibilidade de luz (15 % para o sistema consórcio), limita o crescimento das ervaes sombreadas, o que também foi verificado por Gliessmann (2000). A maior produtividade de biomassa em cultivo solteiro pode estar associada à maior taxa fotossintética (KASPARY, 1985), já que, no sistema solteiro, há maior disponibilidade de radiação solar global (Figura 1).

O acúmulo em biomassa total (BT), biomassa de folhas (BF) e biomassa dos ramos (BR), conforme a análise de variância (Tabela 1), apresentou relação significativa com a idade. Este resultado demonstra que o crescimento depende do saldo de biomassa acumulada, o que, por sua vez, é uma função da quantidade de radiação fotossintética interceptada acumulada (MONTEITH, 1965; 1977), quando as quantidades de água e nutrientes não são fatores limitantes. Então, a medida que se acumula a radiação fotossintética ao longo do ciclo de cultivo é de se esperar que a produção siga a mesma tendência (Figura 2).

TABELA 1: Análise de variância para biomassa de folhas (BF), biomassa de ramos (BR) e biomassa total (BT) de *Ilex paraguariensis* em diferentes sistemas de cultivo: consórcio e solteiro no município de Frederico Westphalen - RS.

TABLE 1: Summary of the variance analysis for the variables biomass of the leaves (BF), biomass of the branches (BR) and biomass total (BT) of *Ilex paraguariensis* in different cultivation systems: consortium and single in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

Fator de estudo	Efeito Principal			
	Quadrado Médio			
	GL	BF	BR	BT
Dias após a poda (DAP)	4	3732657,36*	558267,850*	6890301,94*
Sistema de cultivo (SC)	1	1339353,37*	71706,963 <sup>ns</sup>	2030869,85*
DAP x SC	4	411871,51*	76502,508 <sup>ns</sup>	330367,77 <sup>ns</sup>
Coeficiente de determinação		0,92	0,83	0,91
Coeficiente de variação (%)		40,01	52	39,72
Efeito Simples				
Análise da BF em função dos DAP e SC				
Sistema de cultivo	Solteiro	4	3303946*	-
	Consórcio	4	840583*	-
Dias após a poda	191	1	3228,51 <sup>ns</sup>	-
	286	1	16512 <sup>ns</sup>	-
	372	1	192105 <sup>ns</sup>	-
	464	1	110043 <sup>ns</sup>	-
	566	1	2664951*	-

Em que: \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2: Produção de biomassa de folhas (BF), biomassa de ramos (BR) e biomassa total (BT) de *Ilex paraguariensis* em diferentes sistemas de cultivo: consórcio e solteira no município de Frederico Westphalen - RS.

TABLE 2: Production of biomass of the leaves (BF), biomass of the branches (BR) and biomass total (BT) of *Ilex paraguariensis* in different cultivation systems: consortium and single in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

Sistema de cultivo	BF (g planta <sup>-1</sup> )	BR (g planta <sup>-1</sup> )	BT (gplanta <sup>-1</sup> )		
Solteiro	962,7 a	390,55 <sup>ns</sup>	1353,2 a		
Consórcio	540,1 b	292,77 <sup>ns</sup>	832,9 b		
Sistema de cultivo	Dias após a poda				
	191	286	372	464	566
BF (g)					
Solteiro	185,12 <sup>ns</sup>	248,12 <sup>ns</sup>	800,82 <sup>ns</sup>	815,99 <sup>ns</sup>	2763,33 a
Consórcio	138,73 <sup>ns</sup>	143,20 <sup>ns</sup>	442,95 <sup>ns</sup>	545,14 <sup>ns</sup>	1430,43 b

Em que: ns = não significativo a 5% de probabilidade.

Os valores assinalados com a mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Diferenças significativas também foram observadas para a produção de BT e BF entre os sistemas de cultivo (Tabela 1), e isso reflete que a diminuição da incidência de radiação solar no sistema consórcio resulta em menor produção de biomassa (Tabela 2).

Os efeitos simples da análise de variância (Tabela 1) revelaram para a biomassa de folha, existir diferença significativa entre os dias após a poda *versus* sistema de cultivo somente no último período de avaliação (566 dias após a poda), sendo as médias apresentadas na Tabela 2.

Com relação à produção de biomassa de folhas, a maior produtividade foi observada no cultivo solteiro no último período de avaliação (Tabela 2). A maior produtividade de biomassa em cultivo solteiro pode estar associada à maior taxa fotossintética (KASPARY, 1985), já que, no sistema solteiro, há maior disponibilidade de radiação solar global. E também, conforme visto anteriormente, ocorre um maior acúmulo de radiação pela cultura.

O acúmulo em BF apresentou uma variação significativa em relação ao número de dias após a poda (DAP), ou seja, ao longo das estações do ano. Conforme o modelo estatístico apresentado na Figura 2, representando os dois sistemas de cultivo, observa-se que o maior acúmulo em biomassa de folhas ocorre no período do verão a outono, aos 372 a 566 dias, respectivamente, após a poda. É neste período também, que ocorre a maior disponibilidade de radiação solar global (Figura 1). No outono também ocorre o maior incremento em BR e BT (Tabela 3). Este resultado contrasta com as

observações realizadas por Pes et al. (1995), onde descrevem que índices elevados de luminosidade não promoveram incremento de biomassa. No último período de avaliação foi observado maior variabilidade no conjunto de dados, fato que está ligado às diferenças genéticas dos indivíduos, que, conforme aumenta o período de observação, também amplia a diferença do crescimento entre os indivíduos do mesmo tratamento.

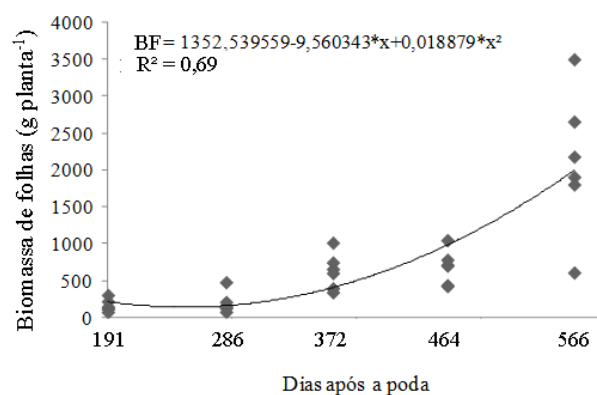


FIGURA 2: Modelo estatístico para biomassa das folhas (BF) de *Ilex paraguariensis* em função dos dias após a poda no município de Frederico Westphalen - RS.

FIGURE 2: Model statistical for biomass of the leaves (BF) of *Ilex paraguariensis* in function of the days after the pruning in the municipal district of Frederico Westphalen, RS state.

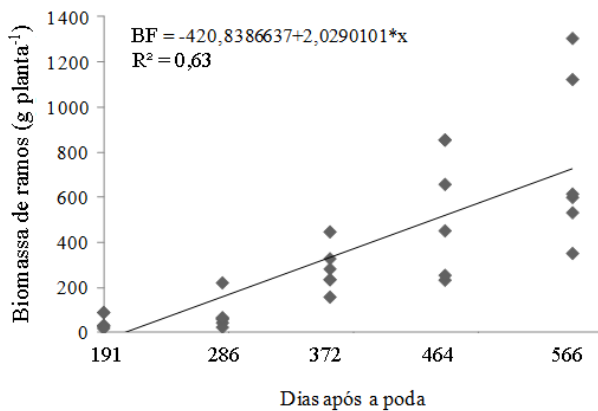


FIGURA 3: Modelo estatístico para a biomassa dos ramos (BR) de *Ilex paraguariensis* em função dos dias após a poda no município de Frederico Westphalen - RS.

FIGURE 3: Model statistical for biomass of the branches (BR) of *Ilex paraguariensis* branches in function of the days after the pruning in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

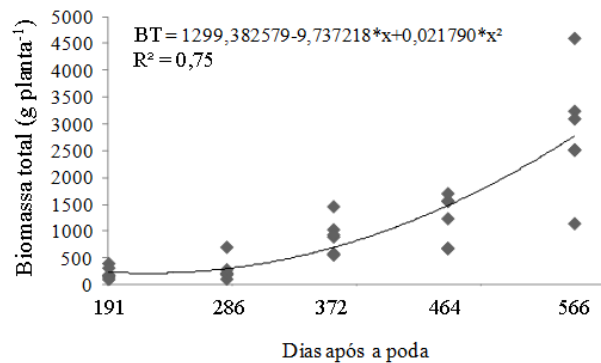


FIGURA 4: Modelo estatístico para biomassa total (BT) (folhas + ramos) de *Ilex paraguariensis* em função dos dias após a poda no município de Frederico Westphalen - RS.

FIGURE 4: Model statistical for total biomass (BT) (leaves + branches) of *Ilex paraguariensis* in function of the days after the pruning in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

A BR não apresentou variação significativa com os diferentes sistemas de cultivos (Tabelas 1 e 2). O acúmulo em BR apresentou relação linear em relação aos DAPs (Figura 3). Desta maneira, em parte, também se justifica a colheita da erva-mate posteriormente à estação do outono, haja vista, que, neste período, há uma maior produção de folhas, o que vem a ser de grande interesse para a indústria. Também, pode-se inferir que a maior modificação morfológica causada pela luz está no crescimento em biomassa foliar, tendo em vista a sua variação ao longo do ano e entre os ambientes de cultivos.

A biomassa total (BT) apresentou diferenças significativas ao longo das estações do ano e dos sistemas de cultivo, o que vem a ser, de fato, a expressão da variação do acúmulo de BF, como visto anteriormente. Assim, ao longo do ano, a produção de BT foi representada por um polinômio de segundo grau (Figura 4), indicando que nas estações de verão e outono foi observada maior quantidade de BT e menor durante o inverno. Do mesmo modo, o maior acúmulo em biomassa ocorreu no sistema solteiro, resultados que estão de acordo ao observado por Rachwal et al. (1998), em que o acúmulo de matéria seca também foi maior sob cultivo isolado.

Entretanto, diferenças significativas no incremento foram observadas somente para BF

(Tabela 3), sendo este, superior no sistema solteiro. Embora o acúmulo em biomassa seca total seja inferior no sistema em consórcio, ocorre uma mesma tendência de incremento em ambos os sistemas de cultivo, reforçando assim, que a disponibilidade de luz, limita o crescimento das erva-mate sombreadas. Resultado também verificado por Gliessmann (2000).

Conforme citado anteriormente, a luz é um dos mais importantes fatores abióticos que afeta a fisiologia e a morfologia dos vegetais. Para os dois sistemas de cultivo da erva-mate (consórcio e solteiro), quando se observa os teores de potássio nas folhas, os resultados da Tabela 4, mostram que houve maior teor de potássio nas folhas presentes no sistema consorciado. Segundo Wallace (1961), a necessidade de potássio é maior sob condições de baixa luminosidade, observação também feita por Quadros et al. (1992), onde estes autores encontraram teores de potássio mais elevados em folhas sujeitas a menor luminosidade.

Estudando a interação entre o fator luminosidade aliada a época de poda, Rachwal et al. (1998) e Rachwal et al. (2000) concluíram que esses fatores induziram variações nos teores dos compostos químicos relativos ao sabor, porém, sem afetar significativamente os teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo ( $p < 0,05$ ) entre os

TABELA 3: Incremento em biomassa de folhas (BF), biomassa de ramos (BR) e biomassa total (BT) de *Ilex paraguariensis* em diferentes sistemas de cultivo: consórcio e solteiro no município de Frederico Westphalen - RS.

TABLE 3: Increment in biomass of leaves (BF), biomass of the branches (BR) and total biomass (BT) of *Ilex paraguariensis* in different cultivation systems: consortium and single in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

Sistema de cultivo	BF (g planta <sup>-1</sup> )	BR (gplanta <sup>-1</sup> )	BT (gplanta <sup>-1</sup> )
Solteiro	644,6 a	192,41 a	805,1 a
Consórcio	322,9 b	160,58 a	515,3 a
Estação do ano	BF (gplanta <sup>-1</sup> )	BR (gplanta <sup>-1</sup> )	BT (gplanta <sup>-1</sup> )
Outono	1416,3 a	203,3 a	1619,6 a
Primavera	426,2 b	201,0 a	627,2 b
Verão	58,7 b	269,8 a	328,5 b
Inverno	33,7 b	31,8 a	65,6 b

Em que: Os valores assinalados com a mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

níveis de luminosidade 77,5% e 19,0%. Os teores foliares de potássio foram inferiores, enquanto o conteúdo de taninos se mostrou mais elevado no sítio com maior luminosidade relativa (77,5%). Kaspary (1985) também verificou valores superiores de área foliar, altura do caule e produção de biomassa de plantas jovens sob condições de sombreamento, tendendo à redução com o aumento da intensidade luminosa de 20% para 60%.

Quanto ao nitrogênio nas diferentes épocas

do ano (Tabela 4), foi observado um teor maior nas folhas da erva-mate nos meses de outono e inverno, nestes meses ocorrem reduções nas atividades metabólicas da planta. Já na primavera e principalmente no verão, houve uma redução no teor de nitrogênio na parte aérea (folhas) da erva-mate. Nessas duas épocas, e principalmente durante a primavera, a planta está em plena atividade metabólica de crescimento de sua parte aérea, ocorrendo o processo de diluição do nitrogênio

TABELA 4: Teor de nutrientes em folhas de *Ilex paraguariensis* em diferentes sistemas de cultivo: consórcio e solteiro e em diferentes épocas do ano no município de Frederico Westphalen - RS.

TABLE 4: Levels of nutrients in leaves of *Ilex paraguariensis* in different cultivation systems: consortium and single and in different times of the year in the municipality of Frederico Westphalen, RS state.

Fator de estudo	Elemento			
	N (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Mg (g kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )
Sistema de Cultivo				
Consórcio	26,7 a	21,2 a	7,8 a	150,37 a
Solteiro	19,3 a	15,9 b	8,2 a	145,77 a
Média	23,0	1,85	8,0	148,07
Coefficiente de variação (%)	13,08	13,64	17,86	17,86
Estações do ano				
Outono	25,1 a	21,3 a	7,7 a	128,72 b
Inverno	26,4 a	18,7 ab	8,2 a	189,45 a
Primavera	21,9 ab	18,3 ab	7,5 a	140,04 b
Verão	18,6 b	15,8 b	8,7 a	134,05 b
Média	23,0	18,5	8,0	148,07
Coefficiente de variação (%)	13,08	13,64	17,86	17,86

Em que: Os valores assinalados com a mesma letra dentro de cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

na planta e conseqüentemente a redução do teor (ANDRIOLO et al., 2006). Durante o período de verão, o menor teor de nitrogênio nas folhas pode estar associado a sua translocação para o crescimento de ramos, já que esse é priorizado nesse período do ano (SOUZA et al., 2008). Avaliando a influência da luminosidade na produção foliar, teores de macronutrientes e alguns componentes de qualidade da erva-mate, Rachwal et al. (2000) concluíram que a luminosidade foi o principal fator de influência sobre a produção de biomassa foliar e sobre os teores foliares de macronutrientes, tanino, teobromina e cafeína, nas condições estudadas. A importância destes resultados está no fato de que estas variações na composição elementar das folhas e ramos de erva-mate podem alterar o sabor final do produto. Nesse sentido, o que se observa claramente quando se comparam os dois sistemas de cultivo com relação aos teores de fósforo (Tabela 5), mas principalmente cálcio (Tabela 5), magnésio e ferro (Tabela 4) na parte aérea da erva-mate, é uma variação pequena para as diferentes épocas do ano, o que indica uma atividade metabólica mais constante da planta de erva-mate sob uma condição mais sombreada. Isso justifica o que foi citado anteriormente, ou seja, o motivo pelo qual a indústria dá maior prioridade e agrega maior valor pela arroba da erva-mate extraída de ambiente sombreado do que em cultivos isolados.

Deve-se acrescentar que a erva-mate

que apresentar uma composição química distinta pode ser destinada a segmentos específicos do mercado, ampliando desta forma, as alternativas de comercialização pelos produtores. Neste contexto, é importante que aqueles produtores que ainda possuem seus ervais parcialmente sombreados por remanescentes de florestas nativas, possam manejá-los de forma a mantê-los parcialmente sombreados, sem comprometer a produtividade, preservando assim, a qualidade da erva-mate.

## CONCLUSÕES

A produção de biomassa da *Ilex paraguariensis* (folhas + ramos) é maior no cultivo solteiro quando comparado ao consorciado, porém, quando comparados os dois sistemas de cultivo com relação aos teores de fósforo, mas principalmente cálcio e magnésio, observou-se uma variação pequena para as diferentes épocas do ano, o que indica uma atividade metabólica mais constante da planta de erva-mate sob uma condição mais sombreada, tornando-se um importante fator na qualidade final do produto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J. L. et al. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesq. Agropec, Bras.**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1179-1184,

TABELA 5: Teores de fósforo e cálcio na parte aérea da *Ilex paraguariensis*: interação entre a época e sistema de cultivo.

TABLE 5: Match tenors and calcium in the aerial part of *Ilex paraguariensis*: interaction between the time and cultivation system.

Sistema de Cultivo	Época				Média
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )					
Consórcio	1,0 aA	0,9 aA	0,8 aA	0,7 aA	0,8
Solteiro	2,2 aA	1,7 aA	0,9 aA	0,8 aA	1,4
Média	1,6	1,3	0,8	0,7	1,1
Coeficiente de variação (%)	27,05				
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )					
Consórcio	3,7 aA	4,2 bA	4,3 aA	4,5 aA	4,2
Solteiro	5,1 aB	7,5 aA	5,3 aB	4,9 aB	5,7
Média	4,4	5,8	4,8	4,7	4,9
Coeficiente de variação (%)	13,13				

Em que: Médias seguida da mesma letra na linha (épocas do ano) e coluna (sistema de cultivo) não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



2006

- ATROCH, E. M. A. C. et al. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, jul./ago. 2001.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, v.1. 1039 p.
- 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, REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2, 2000, Encantado. **Anais...** Encantado: Evangraf, 2000, p. 396-399.
- GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: EDURGS/ UFRGS, 2000. 653 p.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 340 p.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2009, 2010**. In: Banco de Dados Agregados, sistema IBGE de recuperação automática SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 de novembro de 2012.
- KASPARY, R. **Efeitos de diferentes graus de sombreamento sobre o desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 1985. 54 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.
- LEE, D. W. et al. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, p. 447-455, Apr. 2000.
- 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, jan./abr. 2000.
- MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production en Britain. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 281, n. 980, p. 277-294, Nov. 1977.
- MONTEITH, J. L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, Oxford, v. 29, p. 17- 37, Mar. 1965.
- PES, L. et al. Comportamento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em consórcio silvicultural. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 19-32, nov. 1995.
- POLETTI, I. et al. Influência da inoculação de *Fusarium spp.* e níveis de sombreamento no crescimento e desenvolvimento da erva-mate. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 513-521 jul./set, 2010.
- POORTER. L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient; the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, Oxford, v. 13, p. 396-410, June 1999.
- 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. **Anais...**Porto Alegre: FAPERGS, 1992, p. 447-455.
- RACHWAL, M. F. G. et al. Influência da luminosidade sobre a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) aos quatro anos e quatro meses de idade sobre Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico em São Mateus do Sul, PR: In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1998, p. 447-455.
- RACHWAL, M. F. G. et al. Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e tanino em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 2000, Encantado. **Anais...** Encantado, 2000, p. 417-420.
- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. de. **Cultivo da erva-mate – Distribuição geográfica, 2007**. Disponível em: <(HTTP://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Erva-mate)>. Acesso 15 dezembro 2007.
- SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2002. 200 p.
- 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, p. 55-59, Aug. 1966.
- SOARES, A. et al. Influência da luminosidade

no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, mar. 2009.

SOUZA, J. L. M. et al. Teores de nutrientes foliares em plantas de erva-mate em função da posição e orientação geográfica da capa, em Guarapuava-PR. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 49-58, 2008.

TEDESCO, J. M. et al. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

THOMPSON, W. A.; HUANG, L. K.; KRIEDEMANN, P. E. Photosynthetic response to light and nutrition in sun-tolerant and shade tolerant rainforest trees. II Leaf Gas exchange an

Component processes of Photosynthesis. **Australian Journal of Plant Physiology**, Canberra, v. 19, n. 1, p. 19-42, Jan. 1992.

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

TOLLENAR, M.; BRUULSEMA, T.W. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 580-585, July/Aug. 1988.

WALLACE, T. **The diagnosis of mineral deficiencies in plant by visual symptoms**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1961. 125 p.