

**AS PROPRIEDADES ECOFISIOLÓGICAS, QUÍMICAS E SENSORIAIS DE FOLHAS PROVENIENTES DE PLANTAS DE ERVA-MATE COM E SEM FRUTIFICAÇÃO**

RAKOCEVIC, M. <sup>1</sup>; VALDUGA, T. A. <sup>2</sup>; MEDRADO, M. J. S. <sup>1</sup>

**RESUMO**

Com o objetivo de determinar as propriedades fisiológicas, químicas e sensoriais das plantas de erva-mate no período de frutificação, marcou-se quatro pares de plantas femininas e masculinas. Na época de frutificação das plantas femininas mediu-se: regime radiativo destas plantas (PPFD em  $\mu\text{mol f\acute{o}tons.m}^{-2}.s^{-1}$ ), condutância estomática (CS em  $\text{mol.m}^{-2}.s^{-1}$ ), fotossíntese líquida (Pn em  $\text{CO}_2.m^{-2}.s^{-1}$ ), conteúdo de N, P, Ca, K, Mg (g/kg) nas folhas de posições diferenciadas na copa (dentro e periferia da parte inferior do terço médio da copa e no terço superior - ponteiros). Das folhas de plantas masculinas e femininas, depois de sapeco, secagem e extração de solúveis de erva-mate, realizou-se a análise sensorial de intensidade de sabor amargo. As folhas de plantas femininas apresentaram maior Pn que as de plantas masculinas, ao nível inferior do terço médio da copa, tanto dentro, quanto fora dele. Somente as folhas nas ponteiros, expostas à radiação não limitada, não se diferenciaram para as plantas entre os dois sexos. A quantidade de nitrogênio das folhas no nível inferior do terço médio da copa das plantas femininas foi maior e mais uniforme entre os indivíduos, enquanto nas folhas de ponteiros foi relativamente menor. Maior Pn de folhas nas plantas femininas deu-se através de maior CS e maior conteúdo de N (proteínas foliares). O sabor amargo pode estar inter-relacionado com conteúdo maior de Mg.

Palavras-chave: fotossíntese; nitrogênio; sabor.

**THE ECOPHYSIOLOGICAL, CHEMICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF LEAVES ORIGINATED FROM YERBA MATE PLANTS WITH AND WITHOUT FRUITS**

**ABSTRACT**

In aim to determinate the physiological, chemical and sensorial properties of yerba mate plants in the period of fruit production, four pairs of male and female plants were marked. On a stage of fructification were measured the next parameters: irradiance (PPFD in  $\mu\text{mol f\acute{o}tons.m}^{-2}.s^{-1}$ ), stomatal conduction (CS in  $\text{mol.m}^{-2}.s^{-1}$ ), net photosynthesis (Pn in  $\text{CO}_2.m^{-2}.s^{-1}$ ), content of N, P, Ca, K, Mg (g/kg) of leaves on different positions of tree crown (inside and periphery of inferior medium third part of crown and on superior third part - top). Singeing, drying and extraction of soluble yerba mate processed leaves of male and female plants were used for analyze of intensity of bitter taste. Leaves of female plants showed the higher value of Pn than of male plants, on an inferior medium third part of crown, both inside and on periphery. Only the top leaves, exposed on no-limited irradiation, didn't differenced between

<sup>1</sup> *Embrapa Florestas*, Estrada da Ribeira km 111, 83411-000 Colombo, Paraná, Brasil, fone: (55-41) 666-1313; e-mail: [mima@cnpf.embrapa.br](mailto:mima@cnpf.embrapa.br), [medrado@cnpf.embrapa.br](mailto:medrado@cnpf.embrapa.br)

<sup>2</sup> Curso de Engenharia de Alimentos Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI - Campus de Erechim, Avenida Sete de setembro 1621, 99700-000-ERECHIM, RS, Brasil; fone: (55-54) 520 9000; e-mail: [alice@uri.com.br](mailto:alice@uri.com.br)

two sexes. N content of inferior medium third part of female tree crown was more uniform between the individuals, while on top leaves was relatively lower. Superior Pn of female plant leaves was enabled through the superior CS and N content (leaf proteins). The bitter taste could be interrelated with superior Mg content.

Key words: photosynthesis, nitrogen, taste.

## INTRODUÇÃO

Erva-mate é uma espécie dióica. Estudos mostram, que em ambientes naturais, a proporção entre indivíduos masculinos e femininos é 1:1 (Floss, citado por STURION et al. 1995, p. 20), ou prevalecem plantas masculinas (STURION et al. 1995). A morfofisiologia de indivíduos de dois sexos pode profundamente influenciar a produção de matéria prima durante o período de reprodução em função da necessidade de investimento e alocação de nutrientes de folhas (HO, 1988) para a frutificação e maturação de frutos e sementes, nas fêmeas. Em geral, entre várias espécies estudadas, órgãos reprodutivos servem como maior dreno (THORNE, 1985; PATRICK, 1997), o que determina a mudança da composição química de folhas (fonte). Sacarose é o substrato essencial para a transferência de carbono entre células e entre órgãos. Ela serve, também, como sinal na integração do metabolismo de carbono do organismo inteiro (FARRAR et al. 2000), onde a capacidade de fontes para produzir sacarose iguala-se com a capacidade de drenos.

A integração de carbono no corpo vegetal realiza-se através de fotossíntese. Para esta finalidade as plantas usam a energia do estreito espectro da radiação solar, de 400-700nm, ou o fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (PPFD). A resposta fotossintética característica para cada tipo de vegetação (LARCHER, 2000) está relacionada com a produção de matéria seca. Sendo modificada por fatores de ambiente natural - temperatura e luz (VON CAEMMERER & FARQUHAR, 1981), foi objeto de inúmeros estudos.

Espera-se que plantas de erva-mate fêmeas, em função do investimento destinado à formação e maturação de frutos, percam folhas e produzam menos matéria-prima além de sofrerem alterações significativas na composição química de suas folhas e em consequência no sabor do chimarrão.

Esta hipótese não tem sido considerada pelos pesquisadores em erva-mate. Os melhoristas têm insistido em afirmar que não há diferença significativa entre a produção de matéria-prima de machos e fêmeas e os químicos apesar de terem gerado, principalmente na última década inúmeros resultados sobre os componentes ativos do chimarrão, especialmente, cafeína, teofilina e teobromina (ASHIHARA, 1993; ITO et al. 1997; ATHAYDE et al. 2000), saponina (KRAEMER et al. 1996) e micro- e macro-elementos (COSTA et al. 2002), não os tem correlacionado com as modificações ambientais, micro-ambientais e com as fases de desenvolvimento da planta. Isto se deve, em parte, ao fato da ecofisiologia da erva-mate ser pouco conhecida. Afirmações sobre ecofisiologia da erva-mate têm sido sempre apoiadas na ecofisiologia da espécie comercialmente mais próxima - aquela de planta de chá (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). É necessário, portanto, que se passe a promover estudos integrando aspectos químicos, fisiológicos e ambientais.

O objetivo deste trabalho é iniciar um estudo no para definir, claramente, as propriedades fisiológicas, químicas e sensoriais das plantas de erva-mate no período de frutificação, para determinar o relacionamento entre investimento das plantas femininas em órgãos reprodutivos e sabor.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Experimento 1. Avaliação nutricional de plantas femininas e masculinas de erva-mate*

No Campus de Erechim-RS, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões – URI, em sua estação experimental, no fim de mês de fevereiro 2003, foram marcados quatro pares de plantas de erva-mate em frutificação e sem frutificação<sup>3</sup>, para avaliação de potenciais diferenças nos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg) das folhas localizadas na parte inferior do terço médio da copa e folhas da ponteira. De cada posição procurou-se, sempre que possível, retirar 10 folhas de cada quadrante da planta montando-se, assim, 17 amostras compostas de 40 folhas cada. Retirou-se, também, uma amostra de frutos maduros para análise e comparação com as amostras de folhas.

As análises do estado nutricional das folhas e dos frutos foram realizadas no laboratório de análises de tecidos vegetais da Embrapa Florestas e compreendeu a determinação de conteúdo de N, P, Ca, K, Mg (Anexo 1). Conteúdo de Ca e Mg foi determinado através de técnica de absorção atômica, P através de espectrofotometria U.V., K com fotometria de chama e N com o método clássico de Kjeldahl.

### *Experimento 2. Avaliação de parâmetros ecofisiológicos de plantas femininas e masculinas de erva-mate*

Foram utilizadas as mesmas plantas do experimento anterior. No entanto avaliadas folhas de dentro e da periferia do terço inferior da copa e folhas de ponteira localizadas no terço superior da copa. Os parâmetros ecofisiológicos determinados foram: fluxo de fótons da radiação ativa em fotossíntese (PPFD), fotossíntese líquida (Pn) e condutância estomática (CS).

PPFD expressa em  $\mu\text{mol fótons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , Pn expressa em  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  e CS expressa em  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , foram medidas com o analisador LI-6200 (LICOR, E.U.A.), em procedimento de quatro medições programadas para cada folha, cada uma com duração de cinco segundos. O procedimento precedente foi efetuado em quatro repetições, por folha, no tempo. Nos gráficos 1-3 são apresentadas médias com erro padrão.

### *Experimento 3. Avaliação da intensidade do sabor amargo em plantas de plantas femininas e masculinas de erva-mate*

Para determinar a intensidade do sabor amargo, primeiramente fez-se a colheita de folhas e ramos finos das mesmas plantas utilizadas para os experimentos de ecofisiologia e de nutrição das plantas, sem a consideração no entanto da posição em que estavam localizadas. Durante o processamento, o material colhido de cada planta foi submetido a sapeco (KRUGER et al. 2001a), secagem em bandeja vibrada (KRUGER et al. 2001b) e extração de solúveis de erva-mate (BENINCÁ et al. 2000; VALDUGA et al. 2001). Estes procedimentos foram efetuados de acordo com descrição detalhada no artigo “Rastreabilidade de cafeína em erva-mate durante o processamento” (VALDUGA et al.) apresentado nestes anais.

A análise sensorial de intensidade de sabor amargo foi efetuada por uma equipe de 21 provadores semi-treinados, da indústria ervateira “Barão” de Barão de Cotegipe, RS. Cada provador recebeu 30ml de extrato solúvel natural e quente, para degustação. A amostra de cada indivíduo foi avaliada através da atribuição de notas de 1 a 10 para a intensidade de

---

<sup>3</sup> Essas plantas serão denominadas a partir de agora plantas femininas e masculinas, embora não tenhamos total certeza de seus sexos por não havermos acompanhado as mesmas desde o início da floração.

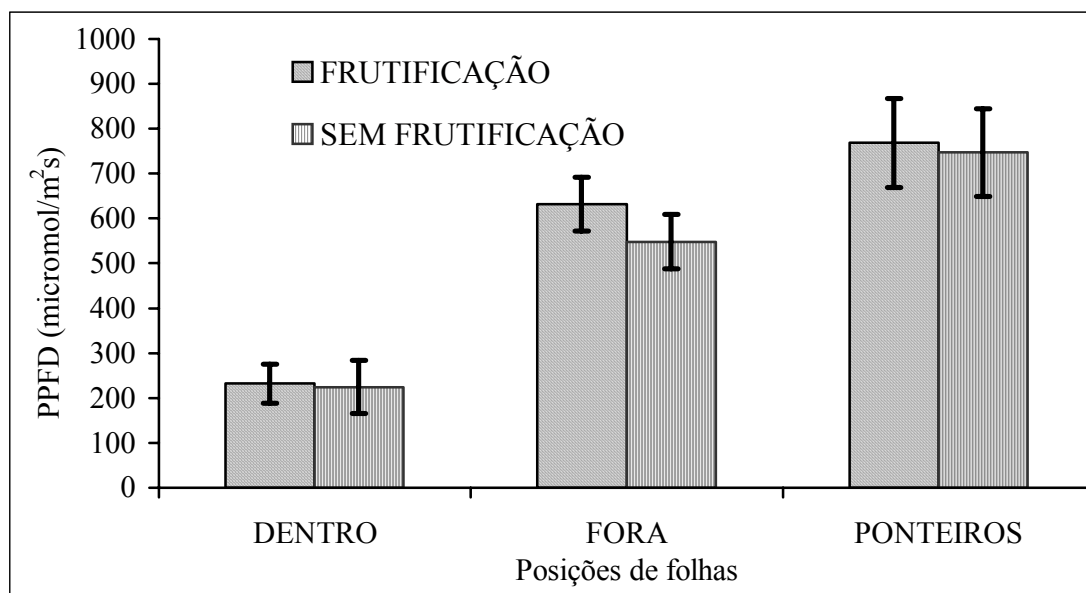
sabor amargo. O teste Tukey ( $P < 0,05$ ) foi utilizado para a análise de diferenças entre as amostras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas em frutificação não apresentavam novas brotações e possuíam poucas folhas em comparação com as plantas sem frutificação. Suas folhas eram cloróticas tanto na posição inferior do terço médio, quanto nas ponteiros. No entanto, as folhas das plantas sem frutos apresentavam-se maduras (completamente expandidas) na parte inferior do terço médio enquanto que nas ponteiros ainda não haviam atingido o seu tamanho final.

A radiação fotossinteticamente ativa (PPFD) foi a mesma para cada posição das folhas (dentro, fora e na ponteira) na copa tanto de árvores com frutos como sem frutos. No entanto, houve diferença entre a radiação fotossinteticamente ativa entre diferentes posições (Figura 1). Assimilando em micro-ambiente diferenciado pelo recurso energético, as mesmas precisam construir os mecanismos de adaptação, para melhor aproveitamento de radiação.

Figura 1. PPFR atingindo as folhas de erva-mate em diferentes posições na copa de plantas com e sem frutificação.



De outro lado, a assimilação de radiação, expressa pela taxa de fotossíntese líquida ( $P_n$ ), ou troca de  $CO_2$ , de folhas no estrato inferior, está no mesmo patamar independente da posição (fora ou dentro) (Figura 2).

A adaptação de folhas do interior de copa, que são alimentadas com menor fluxo de fótons (Figura 1), na posição denominada "DENTRO", pode ser explicada pela condutância estomática (Figura 3) mantida no mesmo nível daquela existente nas folhas da periferia da copa (posição denominada "FORA"), apesar da radiação ser mais do que duas vezes a menor (Figura 1). As folhas das plantas femininas mostraram-se mais eficientes em fotossíntese e produção de carbono (Figura 2), contendo muito menor quantidade das folhas (resultados não apresentados), mantendo a planta com a finalidade de terminação da reprodução, mas gastando mais água na troca de gases (Figura 3).

Figura 2. Fotossíntese líquida ( $P_n$ ) de folhas de erva-mate em diferentes posições na copa das plantas com e sem frutificação.

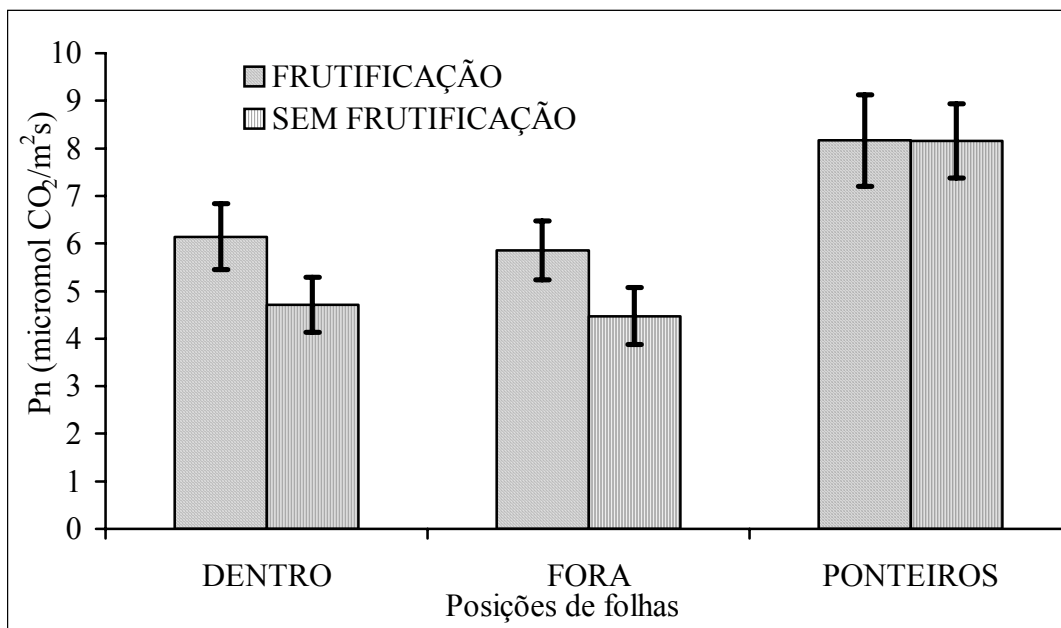
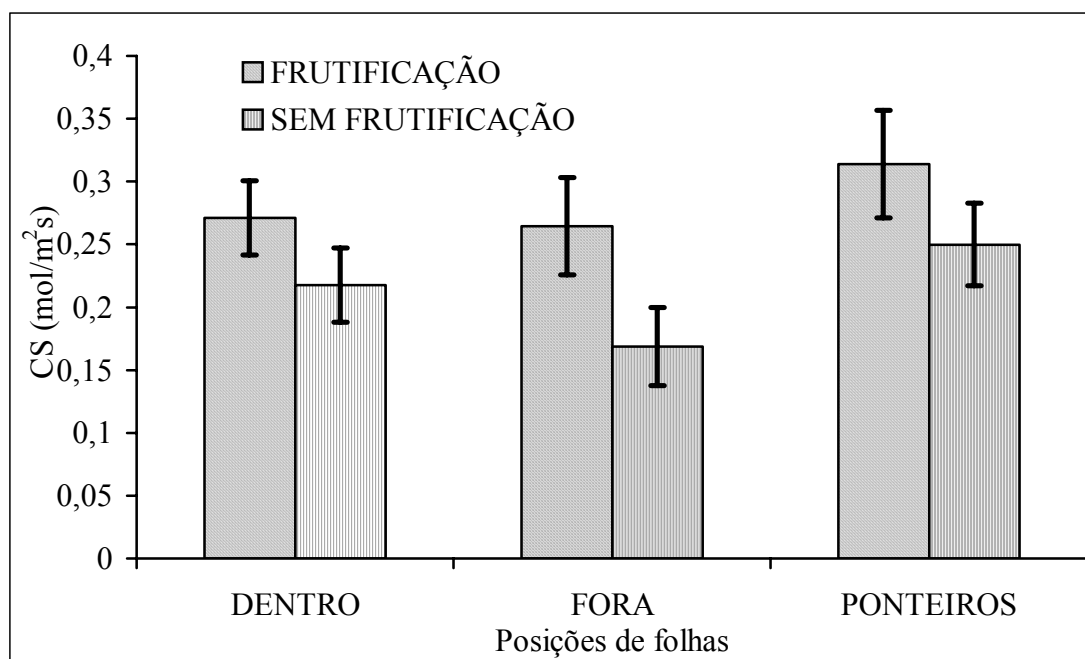


Figura 3. Condutância estomática (CS) de folhas de erva-mate em diferentes posições na copa das plantas com e sem frutificação.



As folhas das plantas em frutificação apresentaram maior troca de CO<sub>2</sub> que as plantas sem frutificação na parte inferior do nível médio da copa, tanto dentro quanto fora da mesma, exceto aquelas das ponteiros (Figura 2). A maior eficiência fotossintética nas plantas em frutificação e da posição dentro de copa (com menor PPF) pode ser explicada pela maior CS nas mesmas condições (Figura 3).

Os dias em que foram efetuadas as medições do experimento estavam nublados, o que justifica um PPFD médio, calculado para as folhas de ponteiras da ordem de  $800\mu\text{mol f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ; isto significa somente um terço de fluxo que poderia atingi-las em dias ensolarados. No clima sub-tropical, no meio dia em igual período do ano (verão), o fluxo de f\u00f3tons por superfície pode atingir  $2400\mu\text{mol f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (resultados n\u00e3o publicados). Tamb\u00e9m, devido o per\u00edodo chuvoso, a disponibilidade de \u00e1gua n\u00e3o foi limitada. A cultura do ch\u00e1, semelhante \u00e0 erva-mate quanto a uso e ambiente (ver em ANANDACOOMARASWAMY et al. 2000) apresenta uma intensidade de luz \u00f3tima para fotoss\u00edntese e transpira\u00e7\u00e3o da ordem de \u00e9  $900\mu\text{mol f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (JOSHI e PALNI, 1998). Estes autores mediram as propriedades fisiol\u00f3gicas de diferentes clones, concluindo que maior aproveitamento de \u00e1gua (menor condut\u00e2ncia estom\u00e1tica para mesma taxa de fotoss\u00edntese) pertencia aos clones com maior toler\u00e2ncia no estresse h\u00eddrico. \u00c0 luz deste conhecimento, as folhas das plantas de erva-mate em frutifica\u00e7\u00e3o (tendo maior condut\u00e2ncia estom\u00e1tica) devem ter maior gasto de \u00e1gua e menor toler\u00e2ncia no estresse h\u00eddrico na \u00e9poca de maturaca\u00e7\u00e3o de frutos.

Pode-se observar que a quantidade de nitrog\u00eanio (N) de folhas na posi\u00e7\u00e3o inferior do ter\u00e7o m\u00e9dio nas plantas femininas foi maior que a encontrada nas ponteiras e mais uniforme entre os indiv\u00edduos (Tabela 1). O investimento de N nas folhas de ponteiras foi relativamente menor (Tabela 3 - anexo). Sabendo que 50% de prote\u00ednas totais das plantas encontram-se na forma de Rubisco - primeira enzima de s\u00edntese de  $\text{CO}_2$  na fase escura de fotoss\u00edntese (SALISBURY & ROSS, 1992), o investimento de prote\u00ednas (N) de plantas em frutifica\u00e7\u00e3o nas folhas sombreadas destina-se \u00e0 termina\u00e7\u00e3o do processo de reprodu\u00e7\u00e3o. Assim, o conte\u00fado de N, junto com maior CS justifica a taxa de fotoss\u00edntese l\u00edquida mais eficaz na parte inferior do ter\u00e7o m\u00e9dio da copa, onde ocorre a competi\u00e7\u00e3o para luz.

Tabela 1: An\u00e1lise de macronutrientes de folhas de diferentes posi\u00e7\u00f5es na copa (m\u00e9dio e ponteiras) de plantas em frutifica\u00e7\u00e3o e sem frutifica\u00e7\u00e3o. (Dados m\u00e9dios de quatro plantas)

Com ou sem frutos	Posi\u00e7\u00e3o da folha	Macronutrientes (g/kg)				
		N	P	K	Ca	Mg
Com	Ter\u00e7o m\u00e9dio	19,31	1,16	19,22	6,72	6,74
Com	Ponteira	13,69	1,06	21,02	8,92	7,92
Com	Frutos	15,59	1,58	30,75	1,73	2,25
Sem	Ter\u00e7o m\u00e9dio	16,51	1,26	15,48	6,33	5,71
Sem	Ponteira	16,05	0,72	14,61	5,95	5,55

Houve diferen\u00e7a no conte\u00fado de N entre as folhas de diferentes posi\u00e7\u00f5es nas plantas em frutifica\u00e7\u00e3o (Tabela 3 - anexo), enquanto folhas de ponteiras de plantas sem frutifica\u00e7\u00e3o apresentaram igual ou maior conte\u00fado de N, em compara\u00e7\u00e3o ao n\u00edvel inferior do ter\u00e7o m\u00e9dio da planta. Menor conte\u00fado de N nas plantas femininas acha-se nas ponteiras, onde se efetua maior fotoss\u00edntese (Figura 2). Intra-esp\u00e9cies varia\u00e7\u00e3o de nitrog\u00eanio n\u00e3o est\u00e1 sempre correlacionado com a fotoss\u00edntese (BASSOW & BAZZAZ, 1997). Neste sentido, pode-se concluir que o investimento ocorreu em dire\u00e7\u00e3o \u00e0 maturaca\u00e7\u00e3o de frutos nas plantas em frutifica\u00e7\u00e3o, enquanto nas plantas sem frutifica\u00e7\u00e3o - masculinas, o investimento ocorreu na forma\u00e7\u00e3o do aparelho assimilat\u00f3rio, sabendo-se que as folhas de ponteiras masculinas eram jovens.

Entre os elementos apresentados na Tabela 1 os conte\u00fados de f\u00f3sforo (P) e magn\u00e9sio (Mg) chamam a aten\u00e7\u00e3o devido \u00e0 sua distribui\u00e7\u00e3o nas plantas. As plantas em frutifica\u00e7\u00e3o apresentam maior conte\u00fado de f\u00f3sforo nas ponteiras (com exce\u00e7\u00e3o da planta 3), enquanto que

nas plantas sem frutificação a quantidade de fósforo é maior nas posições com maior atividade fisiológica relacionadas à parte inferior do terço médio, (com exceção a planta 3). Nos frutos a quantidade de fósforo é superior à média das folhas de plantas em frutificação indicando a exportação de fósforo para as regiões da planta onde ocorre maior atividade fisiológica (TAIZ & ZEIGER, 1998). A quantidade de magnésio em geral é superior nas plantas em frutificação com destaque na planta 1.

As plantas sem frutos mostraram-se semelhantes (comparar M1-M4) no teste de intensidade do amargor (Tabela 2), no entanto, as com frutos apresentaram diferenças significativas (plantas 1 e 2: extremamente amargas e plantas 3 e 4 extremamente suaves). As folhas da planta 1 mostraram-se mais amargas que todas as outras, as da planta 2 semelhante aos machos e as plantas 3 e 4 mais suaves que todas demais.

Segundo estes resultados o sabor amargo não se mostrou influenciado pelo conteúdo total de nitrogênio. Uma relação entre o conteúdo de Mg e o índice de amargor pode ser percebida em todas as amostras; mas para uma conclusão mais eficiente, são necessárias mais repetições em diferentes períodos de ano.

Tabela 2: O teste sensorial, escala hedônica de intensidade de amargor de 1 a 10. Resultados do teste Tukey,  $P < 0.05$ , considerando os 21 provadores como repetição de cada amostra (F1-F4 amostras de plantas femininas e M1-M4 amostras de plantas masculinas).

	<b>F1</b>	<b>M1</b>	<b>F2</b>	<b>M2</b>	<b>F3</b>	<b>M3</b>	<b>F4</b>	<b>M4</b>
<b>média</b>	<b>9,571</b>	<b>8,047</b>	<b>7,524</b>	<b>7,333</b>	<b>4,952</b>	<b>7,714</b>	<b>4,571</b>	<b>6,809</b>
<b>F1</b>		0,0242	0,0003	0,0001	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000
<b>M1</b>	0,0242		0,9520	0,7907	0,0000	0,9966	0,0000	0,1370
<b>F2</b>	0,0003	0,9520		0,9999	0,0000	0,9999	0,0000	0,7907
<b>M2</b>	0,0001	0,7907	0,9999		0,0000	0,9923	0,0000	0,9520
<b>F3</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,9923	0,0018
<b>M3</b>	0,0018	0,9966	0,9999	0,9923	0,0000		0,0000	0,5235
<b>F4</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9923	0,0000		0,0001
<b>M4</b>	0,0000	0,1370	0,7907	0,9520	0,0018	0,5235	0,0001	

### *Considerações gerais*

O conhecimento fisiológico de espécie poderá contribuir na constituição de banco de germoplasma e na eventual escolha de indivíduos para implantação de ervais, e a controle de ambiente como já está efetuado no chá (ANANDACOOMARASWAMY et al. 2000).

## **CONCLUSÕES**

Apesar das limitações metodológicas existentes no trabalho, especificamente, relacionada com o pequeno número de plantas e com o fato de não termos acompanhado as plantas desde antes do período de floração, pode-se tirar algumas conclusões importantes para os novos ensaios:

a) Exceto as folhas das ponteiros das plantas femininas, todas as outras apresentaram maior troca de  $CO_2$  que as plantas masculinas ao nível inferior do terço médio da copa, tanto em seu interior, quanto fora dele;

b) A quantidade de nitrogênio de folhas no nível inferior do terço médio da copa nas plantas femininas foi maior e mais uniforme entre os indivíduos, enquanto o investimento de N nas folhas de ponteiros foi relativamente menor;

c) A estratégia funcional das plantas femininas, com finalidade de terminação do processo de reprodução, é o aumento da fotossíntese realizado com um maior investimento de proteínas (nitrogênio) nas folhas sombreadas (nível inferior do terço médio da copa), junto com maior CS nas mesmas condições;

d) O sabor amargo pode ser inter-relacionado com conteúdo maior de Mg.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Sérgio Mosele pelo apoio recebido pela indicação e liberação das árvores avaliadas e pelo auxílio durante a realização dos trabalhos de coleta de folhas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANANDACOOMARASWAMY, A. DE COSTA, W. A. J. M.; SHYAMALIE, H. W.; CAMPBELL G. S. Factors controlling transpiration of mature field-grown tea and its relationship with yield. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 103, p. 375-386, 2000.
- ASHIHARA, H. Purine metabolism and the biosynthesis of caffeine in mate leaves. **Phytochemistry**, v. 33, p. 1427-1430, 1993.
- ATHAIDE, M. L.; COELHO, G. C.; SCHENKEL E. P. Caffeine and theobromine in epicuticular wax of *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.. **Phytochemistry**, v. 55, p. 853-857.
- BASSOW, S. L.; BAZZAZ, F. A. Intra- and inter-specific variation in canopy photosynthesis in a mixed deciduous forest. **Oecologia**, n. 4, p. 507-515, 1997.
- BENINCÁ, C.; VALDUGA, A.T.; FINZER, J. R. D.; CAVALHEIRO, F. Equilíbrio sólido-líquido na extração de solúveis de erva-mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2., 2000, Encantado. **Anais**. Porto Alegre: URGs, 2000. p. 329-332.
- COSTA, L. M.; GOUVEIA, S. T.; NÓBREGA J. A. Comparison of heating extraction procedures for Al, Ca, Mg, and Mn in tea samples. **Analytical Sciences**, v. 18, p. 313-318.
- FARRAR, J.; POLLOCK, C.; GALLAGHER J. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. **Plant Science**, n. 154, p. 1-11, 2000.
- HO, L. C. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 39, 355-78, 1988.
- ITO, E.; CROZIER, A.; ASHIHARA, H. Theophylline metabolism in higher plants. **Biochemistry and Biophysical Acta**. n. 1336, v. 2, p. 323-330, August 1997.
- JOSHI, S. C.; PALNI, L. M. S. Clonal variation in temperature response of photosynthesis in tea. **Plant Science**, n. 137, p. 225-232, 1998.



- KRAEMER, K. H.; TAKETA, A. T. C.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; GUILLAUME D. Metasaponin 5, a highly polar saponin from *Ilex paraguariensis*. *Phytochemistry*, v. 42, pp. 1119-1122, 1996.
- KRÜGER, R. L.; FINZER, J. R. D.; VALDUGA, A. T. Sapeco e secagem de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil) em secador de bandeja vibrada. In: SEMINÁRIO INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2001, Erechim. **Anais**. p. 219.
- KRÜGER, R. L.; FINZER, J. R. D.; VALDUGA, A. T. Secagem de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil) em secador de bandeja vibrada. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2., 2001, Erechim. **Anais**. p. 23.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Germany, 1994. RiMa Atres e Textos, São Carlos, SP, 2000, 531 p.
- PATRICK, J. W. Phloem unloading: sieve element unloading and post-sieve element transport. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n. 48, 191-222, 1997.
- SALISBURY F. B., ROSS C.W. **Plant Physiology**. Woodsworth Pub. Co., Belmonth, California, 1992. 682 p.
- STURION, A. J.; RESENDE, M. D. V. de; MENDES, S. Proporção de sexo e produtividade de massa foliar em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31 jan./dez., 1995.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sinauer Associates Inc. Pub., Sunderland, Massachusetts, 1998. 792 p.
- THORNE J. H. Phloem unloading of C and N assimilates in developing seed. **Annual Review of Plant Physiology**, n. 36, 317-343, 1985.
- VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. V.; FLOSS, P. A. marcadores moleculares em estudos de caracterização de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.): o sabor. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 415-420, 2002.
- VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, n. 153, 376-387, 1981.

## ANEXO 1

Tabela 3: Análise de macro-elementos de folhas de diferentes posições na copa (nível inferior do terço médio e ponteiros) de plantas em frutificação e sem frutificação. (Dados médios de quatro plantas)

Número da planta	Com ou sem frutos	Posição da folha	Macroelementos (g/kg)				
			N	P	K	Ca	Mg
1	Com	Terço médio	16,89	0,98	10,25	9,58	11,25
1	Com	Ponteira	9,14	1,18	19,89	9,35	11,22
1	Sem	Terço médio	16,12	2,68	15,17	6,92	7,12
1	Sem	Ponteira	16,51	0,68	15,58	5,94	6,47
2	Com	Terço médio	16,89	1,09	18,45	6,59	5,82
2	Com	Ponteira	10,98	1,28	20,50	6,59	5,68
2	Sem	Terço médio	15,89	0,83	16,40	5,47	4,39
2	Sem	Ponteira	13,90	0,68	12,92	5,05	4,83
3	Com	Terço médio	26,49	1,89	36,70	2,90	2,56
3	Com	Ponteira	22,80	0,98	30,75	10,23	5,77
3	Sem	Terço médio	12,90	0,83	17,02	7,29	6,47
3	Sem	Ponteira	14,36	0,89	16,40	7,90	6,64
4	Com	Terço médio	16,97	0,68	11,48	7,71	7,32
4	Com	Ponteira	11,82	0,80	12,92	9,49	9,00
4	Com (*)	Frutos	15,59	1,58	30,75	1,73	2,25
4	Sem	Terço médio	21,11	0,68	13,33	5,65	4,85
4	Sem	Ponteira	19,42	0,63	13,53	4,90	4,25