



## ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria brizantha* POR MEIO DO MÉTODO DA ZONA AGROECOLÓGICA

Cristiam Bosi<sup>1</sup>, Paulo C. Sentelhas<sup>2</sup>, José R. M. Pezzopane<sup>3</sup>, Patrícia M. Santos<sup>3</sup>, Pedro G. da Cruz<sup>4</sup>

1 Eng. Agrônomo, Mestrando, Depto. Eng. de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, [cristiambosi@yahoo.com.br](mailto:cristiambosi@yahoo.com.br).

2 Eng. Agrônomo, Professor Doutor, Depto. Eng. de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

3 Eng. Agrônomo (a), Pesquisador (a), Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP.

4 Eng. Agrônomo, Pós-doutorando, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA

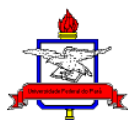
**RESUMO:** O Método da Zona Agroecológica (FAO-MZA) é utilizado para a estimativa da produtividade potencial de culturas, sendo de fácil entendimento e aplicação em virtude da baixa exigência de dados de entrada. O objetivo deste trabalho foi testar a eficiência deste método em estimar a produtividade de três cultivares de *Brachiaria brizantha* em condições irrigadas e não-irrigadas. Concluiu-se que o modelo foi eficaz em estimar a produtividade potencial das cultivares, necessitando de calibração do coeficiente de colheita (Cc) para melhores resultados. Porém, para a produtividade atingível, a estimativa foi eficiente somente para as cultivares Marandu e Xaraés, necessitando de maiores calibrações do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (ky) para a cultivar Piatã.

**PALAVRAS-CHAVE:** Método da Zona Agroecológica, *Brachiaria brizantha*, produtividade potencial e atingível.

### EVALUATION OF CAPACITY OF THE METHOD OF AGROECOLOGICAL ZONE TO ESTIMATE THE YIELD OF *Brachiaria brizantha*

**ABSTRACT:** The method of Agro-ecological Zone (FAO-MZA) is used to estimate the potential yield of crops, being easy to understand and apply due to the low demand for input data. The purpose of this study was to test the efficacy of this method to estimate yield of three cultivars of *Brachiaria Brizantha* at irrigated and non-irrigated conditions. It was concluded that the model was effective to estimate the potential yield of the cultivars, requiring calibration of the harvest index (Cc) for best results. However, for attainable yield, the estimate was efficient only for Marandu and Xaraés, requiring larger calibrations of the water response index (ky) for Piatã.

**KEY-WORDS:** Method of Agroecological Zone, *Brachiaria brizantha*, potential and attainable yield.





## INTRODUÇÃO

Segundo Doorenbos e Kassam (1994), o Método da Zona Agroecológica (FAO-MZA) é utilizado para a estimativa da produtividade potencial de uma cultura, ou seja, aquela obtida por uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao ambiente de crescimento, sem limitações impostas nem por falta de água e de nutrientes, e nem por ocorrência de pragas e moléstias. Esse método tem por base a proposição de Witt (1965), para estimativa da produtividade bruta de matéria seca por uma cultura padrão, que hipoteticamente cobre todo o terreno, sendo que a radiação solar, a temperatura do ar e o fotoperíodo local são os únicos fatores de condicionadores. O FAO-MZA é de fácil entendimento e aplicação em virtude da baixa exigência de dados de entrada, e por apresentar resultados consistentes, de rápida obtenção e a um baixo custo. Devido a isso, tem sido bastante utilizado (OLIVEIRA *et al.*, 2012). O objetivo deste trabalho foi testar a eficiência do método da zona agroecológica da FAO em estimar a produtividade de três cultivares de *Brachiaria brizantha* em condições irrigadas e não-irrigadas.

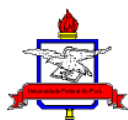
## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para as estimativas de produtividade pelo modelo foram coletados no município de São Carlos, SP (Lat 21°57'42"S, Long 47°50'28"W, Alt. 890m), sob um clima Cwa na classificação de Köppen, sendo referentes a três cultivares da planta forrageira *B. brizantha* (Xaraés, Piatã e Marandu), irrigadas e não-irrigadas, no período de 26 de abril de 2011 a 23 de outubro de 2012, compondo um total de 44 dados de produtividade (matéria seca acima dos 20 cm de altura). As médias de produtividade foram comparadas com a produtividade potencial (sob irrigação) e com a produtividade atingível (não-irrigado), estimadas pelo modelo para cada uma das cultivares.

A produtividade potencial foi calculada pela equação descrita por Doorenbos e Kassam, (1994) (eq. 1), em que PPB corresponde à produtividade potencial bruta ( $\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), calculada em função da disponibilidade de radiação solar, fotoperíodo e temperatura;  $C_R$  é a correção da taxa de respiração de manutenção da cultura;  $C_{IAF}$  é o índice de correção da área foliar, descrito em função do índice de área foliar máximo (IAF), sendo necessário devido à variação da área foliar disponível para realizar fotossíntese;  $C_C$  é o índice de colheita, efetuando a correção para o produto de interesse da cultura, que no caso de plantas forrageiras é a parte aérea disponível para a colheita ou pastejo;  $i$  é o dia do ciclo e  $n$  a duração do ciclo.

$$PP = \sum_{i=1}^n PPB_i * C_{IAFi} * C_{Ri} * C_{Ci} \quad (1)$$

Para o cálculo da PPB, foram utilizadas correções devido à temperatura no período nublado e no período de céu claro, sendo que, no caso de *B. brizantha*, que são plantas  $C_4$ , utilizaram-se as fórmulas do grupo três, segundo Barbieri e Tuon (1992). Além disso, necessita-se dos valores de insolação ( $n$ ) e de fotoperíodo ( $N$ ) em horas, entretanto, como, neste caso, não foi medida a insolação, utilizou-se a equação de Angström (eq. 2), descrita por Allen *et al.* (1998), em que os fatores  $a$  e  $b$  correspondem a 0,25 e 0,50 respectivamente. Assim, ao se rearranjar a equação 2, chega-se a uma estimativa de  $n/N$  (eq. 3), em que  $R_s$  é a radiação solar global; e  $R_{so}$  é a radiação solar estimada sob céu claro, dada pela equação 4, descrita por Allen *et al.* (1998).





$$R_s = (a + b * n/N) * Q_o \quad (2)$$

$$n/N = 1,5 * R_s/R_{so} - 0,5 \quad (3)$$

$$R_{so} = 0,75 * Q_o \quad (4)$$

No caso da Correção para o Índice de Área Foliar ( $C_{IAF}$ ), como os dados de IAF foram medidos, e considerando-se que o IAF máximo do modelo é igual a 5, o cálculo será feito considerando:  $C_{IAF} = IAF_{real}/5$ , para  $IAF_{real} < 5$ ; e  $C_{IAF} = 1$ , para  $IAF_{real} \geq 5$ . Entretanto, como não se têm disponíveis para utilização nas simulações diárias os valores de IAF diários, estes serão estimados por meio de uma equação que leva em conta o aumento linear do IAF em função do acúmulo de graus-dia (GD) (eq. 5), em que “a” é o valor de IAF inicial coletado ( $m^2 m^{-2}$ ), e “b” é determinado com a inclinação da reta da equação linear entre os valores de IAF coletados no período e o acúmulo de graus-dia ( $\Sigma GD$ ). Para o cálculo dos GD, foi utilizada uma temperatura base inferior para as plantas forrageiras de 17,2°C (CRUZ, 2010). Para o índice de colheita (Cc) foi utilizado o valor aleatório de 0,9, para teste do modelo.

$$IAF = a + b * \Sigma GD \quad (5)$$

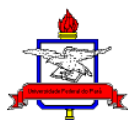
Posteriormente foi calculada a produtividade atingível (PA) (eq. 6), em que,  $k_y$  é o fator de resposta da cultura ao déficit hídrico (considerado 0,9 para todos os ciclos e cultivares);  $E_{Tr}$  a evapotranspiração real da cultura ( $mm \text{ dia}^{-1}$ ); e  $E_{Tc}$  a evapotranspiração máxima da cultura ( $mm \text{ dia}^{-1}$ ). Sendo o coeficiente de cultura (Kc) considerado igual a 1 para a pastagem, e a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) calculada pela equação de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998). A  $E_{Tr}$  foi estimada por meio do balanço hídrico sequencial da cultura.

$$PA = PP * [1 - k_y * (1 - E_{Tr}/E_{Tc})] \quad (6)$$

Para a avaliação do desempenho do modelo foram utilizados a análise de regressão linear e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o coeficiente de correlação (r), o índice de concordância (d), o índice de confiança (c) de Camargo e Sentelhas (1997), o Erro médio (EM) e o Erro Médio Absoluto (EMA), e a Eficiência da Modelagem (EF).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à produtividade potencial, para a cultivar Marandu, comparando-se a estimada com a observada à campo (Tabela 1), constatou-se uma boa precisão e exatidão do modelo, e índice de confiança muito bom, além disso, os erros foram razoáveis. Observando-se o gráfico da regressão linear entre os dados observados e estimados (Figura 1a), constata-se que o modelo tende a superestimar os dados, principalmente quando as produtividades se tornam maiores, provavelmente, essas diferenças podem ser corrigidas através da calibração do índice de colheita (Cc) para esta cultivar. No caso da cultivar Piatã, houve boa precisão e exatidão na estimativa, muito bom índice de confiança e os menores erros dentre as três cultivares (Tabela 1). Apesar da maior dispersão dos dados de produtividade mais elevada (Figura 1c), o modelo apresentou-se mais eficiente, para essa cultivar, em se aproximar dos dados reais, talvez pelo Cc ser maior do que nas outras cultivares (mais próximo a 0,9), na condição irrigada, devido ao hábito de crescimento da planta ser mais ereto. Já se tratando da cultivar Xaraés, houve boa precisão e exatidão, índice de confiança muito bom e erros regulares (Tabela 1). Para esta cultivar houve tendência do modelo superestimar as produtividades mais altas (Figura 1e), o que deverá ser corrigido por meio da calibração do Cc, a exemplo da cultivar Marandu.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Tabela 1. Índices estatísticos e erros ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) referentes à comparação entre os dados de produtividade potencial observados a campo e os estimados pelo FAO-MZA, para três cultivares de *B. brizantha*, no período entre 26 de abril de 2011 e 23 de outubro de 2012.

Cultivares	Índices estatísticos.....						
	r	R <sup>2</sup>	d	c	EM	EMA	EF
Marandu	0,90	0,81	0,90	0,81	337,81	597,22	0,44
Piatã	0,86	0,74	0,92	0,79	-27,45	483,05	0,62
Xaraés	0,93	0,86	0,92	0,85	391,26	675,36	0,49
Média	0,90	0,81	0,91	0,82	233,87	585,21	0,51

Para os valores de produtividade atingível, a cultivar Marandu, comparando-se os dados estimados com os observados a campo, obteve boa precisão, ótima exatidão, índice de confiança ótimo e erros razoáveis (Tabela 2). Observando-se o gráfico da regressão linear entre os dados observados e estimados (Figura 1b), pode-se inferir que os dados estão bem coerentes, com uma leve subestimativa nos dados de menor produção. Com isso, conclui-se que Cc e o ky utilizados, estão próximos dos reais para esta cultivar.





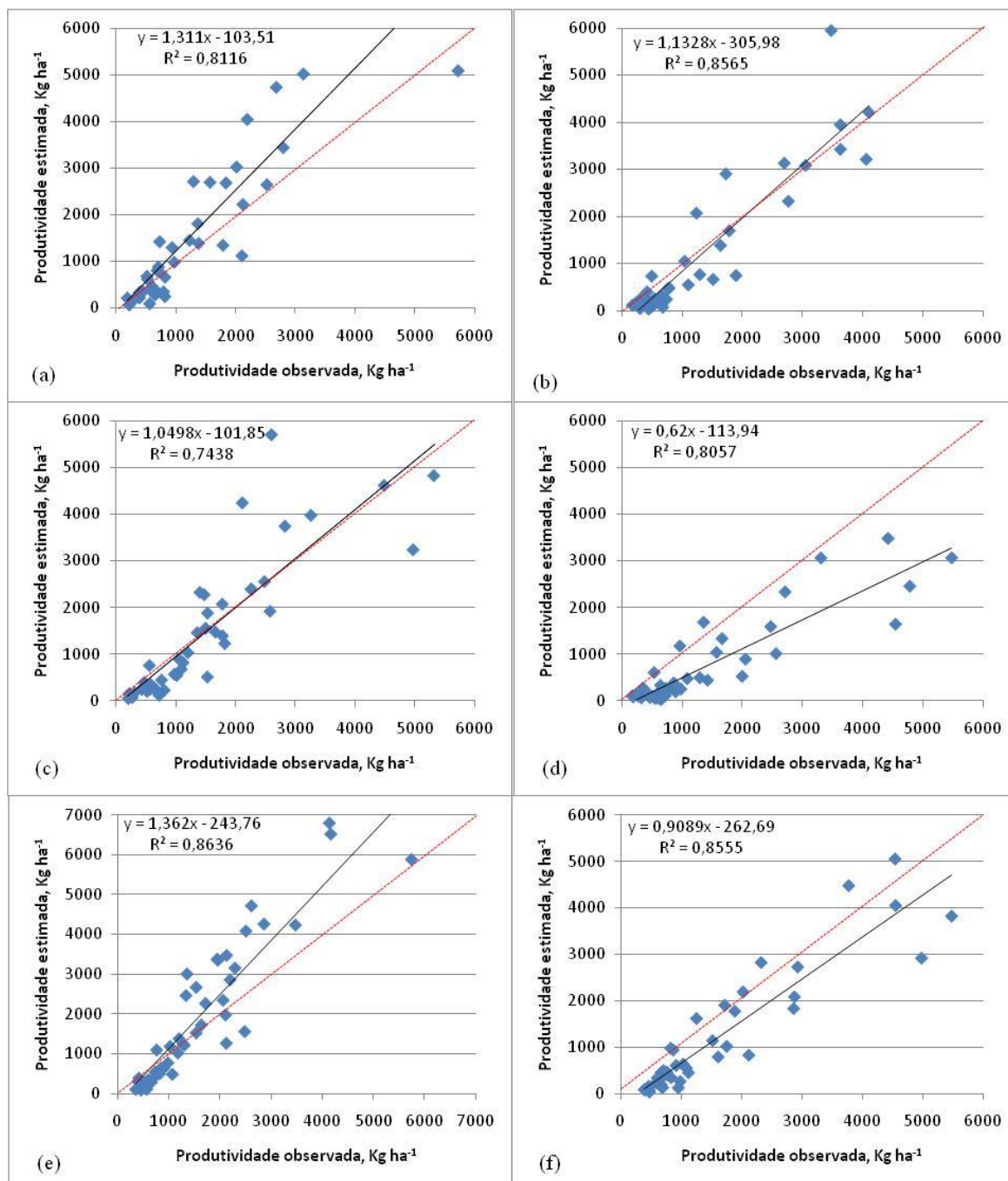


Figura 1. Regressões lineares entre os dados de produtividade potencial; para as cultivares de *B. brizantha*, Marandu (a), Piatã (c) e Xaraés (e); e produtividade atingível para as cultivares Marandu (b), Piatã (d) e Xaraés (f); observados a campo e os estimados pelo FAO-MZA no período entre 26 de abril de 2011 e 23 de outubro de 2012.

Por outro lado a cultivar Piatã, obteve boa precisão e exatidão, índice de confiança muito bom e erros mais altos que para as outras cultivares. Isso pode ser confirmado na regressão linear (Figura 1d), onde os valores estimados ficam bem abaixo dos observados, sendo que,



provavelmente, isso decorra da capacidade que esta planta possui de tolerar déficits hídricos, resultando em  $ky$  menor do que o utilizado na estimativa.

Já a cultivar Xaraés apresentou resposta bem parecida com a cultivar Marandu (Tabela 2). No gráfico da regressão (Figura 1f) observam-se os bons resultados, com leve subestimativa dos dados, mas, demonstrando que o  $Cc$  e o  $ky$  estão adequados, requerendo pequenos ajustes.

Tabela 2. Índices estatísticos e erros ( $Kg\ ha^{-1}$ ) referentes à comparação entre os dados de produtividade atingível observados a campo e os estimados pelo FAO-MZA, para três cultivares de *B. brizantha*, no período entre 26 de abril de 2011 e 23 de outubro de 2012.

Cultivares	Índices estatísticos						
	r	R <sup>2</sup>	d	c	EM	EMA	EF
Marandu	0,93	0,86	0,95	0,88	-145,68	399,64	0,75
Piatã	0,90	0,81	0,85	0,76	-623,78	652,19	0,54
Xaraés	0,92	0,86	0,94	0,87	-402,63	522,13	0,76
Média	0,92	0,84	0,91	0,84	-390,69	524,66	0,68

## CONCLUSÕES

Concluiu-se que o modelo foi eficaz em estimar a produtividade potencial das cultivares de *B. brizantha*, necessitando de calibração do coeficiente de colheita ( $Cc$ ) para melhores resultados. Porém, para a produtividade atingível, a estimativa foi eficiente somente para as cultivares Marandu e Xaraés, necessitando de maiores calibrações do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico ( $ky$ ) para a cultivar Piatã.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO, Roma, **Irrigation and Drainage Paper 56**, 300p. 1998.

BARBIERI, V.; TUON, R.L. **Metodologia para estimativa da produção potencial de algumas culturas**. DFM/ESALQ/USP, 1992. 17p.

CAMARGO, A.P; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.5, p.89-97, 1997.

CRUZ, P.G. **Produção de forragem em *Brachiaria brizantha*: adaptação, geração e avaliação de modelos empíricos e mecanicistas para estimativa do acúmulo de forragem**. 2010. 102 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
*Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia*



DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO – Irrigação e Drenagem 33, Campina Grande, UFPB, 1994. 306p.

OLIVEIRA, R.A.; SANTOS, R.S.; RIBEIRO, A.; ZOLNIER, S.; BARBOSA, M.H.P. Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para as principais regiões produtoras de Minas Gerais usando-se o método ZAE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.16, n.5, p.549–557, 2012.

WITT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Wageningen: Pudoc, 1965. 57 p. (Agricultural Research Report, 663).

