

## Modelos para estimativa da eficiência econômica e de estabilidade de uso de nitrogênio na produtividade da aveia

Juliana Aozane da Rosa<sup>1</sup>

Rúbia Diana Mantai<sup>2</sup>

Adriana Roselia Kraisig<sup>3</sup>

José Antonio Gonzalez da Silva<sup>4</sup>

Ivan Ricardo Carvalho<sup>5</sup>

Laura Mensch Pereira<sup>6</sup>

Vanessa Pansera<sup>7</sup>

Odenis Alessi<sup>8</sup>

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias e Departamento de Estudos Agrários, UNIJUÍ, Ijuí, RS

**Resumo.** Modelos matemáticos aplicados em biosistemas trazem informações relevantes para o planejamento de práticas agrícolas, viabilizando sistemas de produção sustentáveis e inovadores. Para alcançar a máxima expressão de produtividade dos grãos de aveia é necessário o ajuste de técnicas de manejo que proporcionem melhor eficiência de uso de nitrogênio pela planta. Neste contexto, o objetivo do estudo é estabelecer a estimativa para a otimização da capacidade de aproveitamento de nitrogênio pela aveia à maior produtividade de grãos e de indústria por modelos que dimensionam a máxima eficiência técnica, econômica e de estabilidade. O estudo foi realizado em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições seguindo um modelo fatorial 4 x 2, para doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e cultivares de aveia (Barbarasul e Brisasul), no sistema de sucessão soja/aveia. A máxima eficiência técnica, independente da condição de ano agrícola promove maior produtividade de grãos e de indústria com as doses médias de 86 e 81 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Já, a máxima eficiência econômica, considerando a relação preço do produto e insumo, independente da condição de ano agrícola proporcionou valores similares da produtividade de grãos e de indústria aos obtidos pela máxima eficiência técnica com as doses médias de 71 kg ha<sup>-1</sup> e 51 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O parâmetro de estabilidade indica comportamento previsível, independente da condição de ano agrícola na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para a produtividade de grãos e de indústria. Esta dose de nitrogênio promove, alta produtividade e qualidade de grãos, aliada a possibilidade de diminuir as perdas de nitrogênio ao ambiente, reduzindo os impactos ambientais.

**Palavras-chave.** *Avena sativa*, Máxima Eficiência Econômica, Máxima Eficiência de Estabilidade, Modelagem Matemática, Sustentabilidade

---

<sup>1</sup>juaozane@gmail.com

<sup>2</sup>rdmantai@yahoo.com.br

<sup>3</sup>maryshelei@yahoo.com.br

<sup>4</sup>jagsfaem@yahoo.com.br

<sup>5</sup>carvalho.irc@gmail.com

<sup>6</sup>lauramensch@gmail.com

<sup>7</sup>vpansera@hotmail.com

<sup>8</sup>odenisalessi@hotmail.com

## 1 Introdução

A modelagem matemática é uma ferramenta utilizada para explicar e interpretar fatos e fenômenos observados de diversas áreas do conhecimento, identificando características, realizando previsões e mostrando tendências ao longo do desenvolvimento. Assim, existe a necessidade de otimizar a produção de alimentos a partir de tecnologias que garantam produtividade com redução de custos e sustentabilidade aos agroecossistemas [4, 9].

Para a máxima expressão do potencial de produtividade dos grãos de aveia, é necessário o ajuste de técnicas de manejo, sendo a disponibilidade de nitrogênio decisiva em proporcionar efeitos significativos na produtividade e qualidade de grãos de aveia [2, 10]. Na expectativa de altos rendimentos eleva-se a quantidade de nitrogênio, porém, dependendo das condições ambientais, a eficiência de uso do nutriente é reduzida, diminuindo consideravelmente a produtividade, aumentando os custos de produção e gerando poluição ambiental, seja por lixiviação do nitrato ou volatilização da amônia [1, 2]. Assim, a forte variação da produtividade está associada à variabilidade das condições meteorológicas, de modo que, anos favoráveis e desfavoráveis ao cultivo alteram a disponibilidade de nitrogênio e a eficiência de uso pela planta, implicando em uma maior instabilidade de produtividade [2, 5].

Estudos que visam melhorar a eficiência de uso do nitrogênio podem qualificar as recomendações e viabilizar tecnologias mais ajustadas. O uso de equações de regressão são satisfatoriamente empregados no estudo de processos em biosistemas, descrevendo fenômenos e possibilitando a realização de simulações e otimizações [11, 12]. O modelo de regressão polinomial é utilizado na determinação da eficiência técnica, definindo a dose de nitrogênio que otimiza a variável de interesse sem considerar a viabilidade econômica. Por outro lado, o uso de regressão polinomial envolvendo o preço do insumo e do produto permite otimizar a dose ótima considerando a eficiência econômica [13, 14]. Os modelos de regressão envolvendo parâmetros de estabilidade, podem identificar processos mais estáveis e eficientes na variável de interesse, com comportamento previsível independente das condições meteorológicas dos anos agrícolas.

O objetivo do estudo é estabelecer a estimativa para a otimização da capacidade de aproveitamento de nitrogênio pela aveia à maior produtividade de grãos e de indústria por modelos que dimensionam a máxima eficiência técnica, econômica e de estabilidade.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo, em Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial 4 x 2, para doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e cultivares de aveia (Barbarasul e Brisasul), totalizando 32 unidades experimentais no sistema de sucessão soja/aveia. A produtividade de grãos foi obtida pelo corte de três linhas centrais de cada parcela no estágio de maturidade de colheita, com umidade de grãos ao redor de 22%. As plantas foram trilhadas com colheitadeira estacionária e direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13%; e pesagem para estimativa da produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) e de indústria (PI, kg ha<sup>-1</sup>).

Ao atender aos pressupostos de homogeneidade e normalidade via testes de Bartlett, foi realizada análise de variância para detecção dos efeitos principais e de interação. Através do modelo de Scott e Knott foi realizado o teste de comparação de médias agrupando doses de adubação nitrogenada que respondem de forma homogênea a variável em estudo, classificando-as por eficiência, independente de ano agrícola. Posteriormente, foi realizado o modelo de Eberhart e Russel, baseando-se em uma regressão linear com a inclusão do índice ambiental codificado, para análise de estabilidade independente de ano agrícola. A estabilidade da dose de aplicação do nitrogênio foi obtida pelo parâmetros  $S_{ij}^2$ , sendo que uma condição é considerada estável quando  $S_{ij}^2 = 0$  e instável quando

$S_{ij}^2 \neq 0$ . Sucedeu-se também o ajuste da regressão quadrática para estimativa da máxima eficiência econômica da produtividade de grãos e de indústria. Para a máxima eficiência econômica estão incluídos no modelo o preço do produto ( $w$ ) e o preço do insumo ( $t$ ). Os valores utilizados representam os preços médios comercializados em dezembro de 2018, sendo o preço do insumo (ureia) de R\$ 1,25  $\text{kg}^{-1}$ , R\$ 2,80  $\text{kg}^{-1}$  do nitrogênio, e do produto aveia de R\$ 0,60  $\text{kg}^{-1}$ .

A máxima eficiência econômica foi determinada através da equação quadrática (1), sendo que a variável independente representa o produto avaliado, neste caso, a quantidade de nitrogênio e a variável dependente a produtividade de grãos e de indústria.

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \epsilon \quad (1)$$

Onde  $y$  = variável dependente,  $x$  a variável independente,  $\epsilon$  o erro aleatório,  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  são parâmetros a serem estimados com a utilização do método dos mínimos quadrados.

O ponto máximo de uma curva, ou seja, a produtividade máxima alcançada é obtida pela derivada da função quadrática homogênea (2):

$$y' = b_1 + 2b_2x \quad (2)$$

Entretanto, o valor gasto para atingir o pico de produção pode não cobrir a despesa do insumo utilizado. Nesse caso, as variáveis  $x$  e  $y$  poderão ter pesos  $t$  e  $w$ , respectivamente diferentes, sendo  $t$  o preço do insumo e  $w$  o preço do produto [14]. Assim o modelo da máxima eficiência econômica é dado por (3):

$$x = \left( \frac{t}{w} - b_1 \right) / (2b_2) \quad (3)$$

Para a máxima eficiência técnica da produtividade de grãos e de indústria, também foi utilizada a equação quadrática (1), sendo  $x$  a quantidade de nitrogênio aplicado, e  $y$  a produtividade de grãos. Assim, a máxima eficiência técnica foi obtida pela derivada da função quadrática homogênea (4) [14]. Deste modo,  $x$  representa a dose de nitrogênio que implica na maior produtividade  $y$ , ou seja, a máxima eficiência técnica.

$$x = \frac{-b_1}{2b_2} \quad (4)$$

Os procedimentos de testes de médias, estabilidade por Eberhart e Russell, análise de regressão linear e quadrática, foram realizadas com o auxílio do software GENES.

### 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 do sistema soja/aveia, as médias e parâmetros de estabilidade a maior produtividade de grãos foi obtida nas doses mais elevadas de nitrogênio. Além disso, o parâmetro de estabilidade do modelo indicou comportamento previsível, independente da condição de ano agrícola, na dose de 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio. Na análise da produtividade de indústria esta mesma condição foi observada, destacando a mais elevada média de produtividade com estabilidade também na dose de 60  $\text{kg ha}^{-1}$  do nutriente. Assim, a dose de 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio evidencia estabilidade, de recomendação independente da condição de ano agrícola nesta espécie.

Na Tabela 2 do sistema soja/aveia, a análise das eficiências através de regressões quadráticas, destaca-se que em todas as equações foi observado que os pontos analisados estavam dentro do intervalo de confiança das distintas observações. Nesta perspectiva, utilizando a eficiência econômica considerando a relação preço do produto e insumo, a eficiência econômica reduziu em mais de 13  $\text{kg ha}^{-1}$  a quantidade de nitrogênio em ano favorável, e de 26  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio no ano

Tabela 1: Valores médios e parâmetros de estabilidade das variáveis de produtividade de grãos e de indústria em distintas doses de nitrogênio no sistema soja/aveia.

Y	Dose N (kg ha <sup>-1</sup> )	Anos						$\bar{y}$	Parâmetros do Modelo	
		2011 (AF)	2012 (AD)	2013 (AF)	2014 (AD)	2015 (AI)	2016 (AI)		$S_{ij}^2$	$R^2$
PG (kg ha <sup>-1</sup> )	0	2989	1745	3036	1645	2746	2461	2437 c	2882 <sup>ns</sup>	98
	30	3694	2361	3721	2132	3361	3279	3091 b	-4629 <sup>ns</sup>	99
	60	4124	2751	4174	2426	3825	3884	3531 a	367 <sup>ns</sup>	99
	120	3938	2654	3994	2522	3871	3717	3449 a	-211 *	98
	$\bar{x}$	3686	2378	3731	2181	3451	3335	3127		
PI (kg ha <sup>-1</sup> )	0	1109	1037	1504	891	1098	315	992 c	-317 <sup>ns</sup>	98
	30	1578	1440	1810	1100	1453	403	1297 b	2273 <sup>ns</sup>	98
	60	1698	1665	2169	1294	1701	424	1492 a	-1161 <sup>ns</sup>	99
	120	1560	1689	2108	1393	1442	355	1425 a	7577 *	97
	$\bar{x}$	1486	1458	1898	1170	1424	374	1302		

PG= Produtividade de grãos; PI= Produtividade industrial; AF= Ano favorável; AD= Ano desfavorável; AI= Ano intermediário;  $\bar{y}$ = Valores médios em relação a dose de nitrogênio;  $\bar{x}$ = Valores médios em relação ao ano de cultivo;  $S_{ij}^2$ = Desvio padrão da regressão;  $R^2$ = Coeficiente de determinação (%). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.\*= Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ns= não significativo.

desfavorável de 2014, mantendo valores similares de produtividade de grãos. Foi considerado para estimativa de produtividade, a dose de estabilidade obtida na Tabela 1, de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Em todas as condições de ano agrícola, houve uma redução entre 20 e 9 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente aplicado, considerando a máxima eficiência técnica e econômica de produtividade, respectivamente, mostrando valores similares de produtividade de grãos. Além disso, os resultados obtidos pela máxima eficiência técnica, econômica e de estabilidade, independente da condição de ano agrícola, evidenciam médias similares de produtividade. Um resultado altamente relevante, que incide em colocar menos insumos e poluir menos o ambiente, em anos nos quais a eficiência de uso do nutriente é reduzida, além de manter a elevada produtividade de grãos em anos favoráveis ao aproveitamento do nitrogênio.

Destaca-se que em anos favoráveis, a máxima eficiência técnica de uso do nitrogênio à produtividade de indústria foi atingida com doses menores em comparação com a produtividade de grãos, alcançando uma média de 1955 kg ha<sup>-1</sup> com dose em torno de 78 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Em anos desfavoráveis, a máxima expressão foi alcançada com uma dose de nitrogênio ao redor de 104 kg ha<sup>-1</sup>, garantindo uma produtividade de indústria ao redor de 1590 kg ha<sup>-1</sup>. Estes resultados mostram a importância da influência dos fatores meteorológicos para a indicação da adubação nitrogenada, de modo que, a variação de ano favorável para desfavorável implica 33% de aumento de dose do nutriente e ainda redução de 19% da produtividade industrial. O uso de nitrogênio pela máxima eficiência econômica reduziu a dose do nutriente até 24 kg ha<sup>-1</sup> em ano favorável e 43 kg ha<sup>-1</sup> em ano desfavorável. Portanto, reduções significativas de nitrogênio com produtividades próximas à máxima eficiência técnica. Na análise de uso do nitrogênio por modelos que dimensionam comportamento previsível, a máxima eficiência de estabilidade com produtividade industrial mais elevada foi obtida com 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Uma condição que reduziu fortemente o uso do nutriente em relação a máxima eficiência técnica e econômica, mantendo produtividades similares. Esta condição possibilitou reduções do nutriente de até 51 kg ha<sup>-1</sup> em comparação a máxima eficiência técnica, com queda máxima de produtividade de indústria de 112 kg ha<sup>-1</sup>. Os

Tabela 2: Estimativa da máxima eficiência econômica e de estabilidade pelo nitrogênio à simulação de produtividade de grãos e de indústria no sistema soja/aveia.

Ano	$(y = b_0 + b_1x + b_2x^2)$	$R^2$	$N_{MEE}$	$\frac{PG_{MEE}}{(\text{kg ha}^{-1})}$	$N_{MES}$	$\frac{PG_{MES}}{(\text{kg ha}^{-1})}$
Produtividade de grãos						
2011 (AF)	$2983 + 29,6x - 0,18^*x^2$	99	69	4168		4111
2012 (AD)	$1739 + 25,7x - 0,15^*x^2$	99	70	2801		2741
2013 (AF)	$3025 + 29,5x - 0,18^*x^2$	99	69	4202	60	4147
2014 (AD)	$1647 + 18,8x - 0,09^*x^2$	99	78	2565		2451
2015 (AI)	$2734 + 26,1x - 0,14^*x^2$	99	76	3909		3796
2016 (AI)	$2440 + 36,1x - 0,21^*x^2$	99	74	3964		3850
$\bar{x}$	$2428 + 27,6x - 0,16^*x^2$	99	71	3582 a	60	3508 a
Produtividade de indústria						
2011 (AF)	$1128 + 16,7x - 0,1^*x^2$	98	60	1768		1734
2012 (AD)	$1040 + 15,6x - 0,1^*x^2$	99	54	1591		1688
2013 (AF)	$1478 + 16,0x - 0,1^{ns}x^2$	97	56	2060	60	2078
2014 (AD)	$884 + 8,9x - 0,04^{ns}x^2$	99	51	1235		1274
2015 (AI)	$1086 + 16,7x - 0,1^*x^2$	99	60	1726		1692
2016 (AI)	$317 + 3,4x - 0,03^{ns}x^2$	98	00	317		413
$\bar{x}$	$985 + 12,9x - 0,08^{ns}x^2$	99	51	1433 a	60	1475 a

$R^2$ = Coeficiente de determinação (%);  $N_{MEE}$ = Dose de nitrogênio à máxima eficiência econômica;  $PG_{MEE}$ = Produtividade de grãos pela máxima eficiência econômica;  $N_{MES}$ = Dose de nitrogênio à máxima eficiência de estabilidade;  $PG_{MES}$ = Produtividade de grãos pela máxima eficiência de estabilidade; AF= Ano favorável; AD= Ano desfavorável; AI= Ano intermediário; \* = Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; <sup>ns</sup>= não significativo; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelos teste de Scott e Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

resultados obtidos evidenciam a possibilidade de propostas de otimização de uso do nitrogênio levando em consideração a análise do custo do produto e do insumo e as tendências meteorológicas do ano de cultivo, visto forte interação com a eficiência de aproveitamento do nutriente.

O manejo do nitrogênio tem sido uma das práticas agrícolas mais estudadas, com o intuito de melhorar a eficiência de uso, diminuir os custos de produção, poluição ambiental e incrementar a produtividade. A dose de nitrogênio pela máxima eficiência econômica deve ser considerada observando as tendências meteorológicas do ano de cultivo [7]. Em trigo, a produtividade de grãos pelo dimensionamento da dose de nitrogênio, determinou reduções significativas na quantidade do nutriente pela eficiência econômica com produtividades similares as obtidas pela máxima eficiência técnica [2]. Em milho, atingiram a máxima produtividade de grãos com a dose de 289 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, porém com maior eficiência econômica com 157 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, concluíram que a máxima produtividade de grãos pela eficiência técnica não resulta em melhores rendimentos num contexto geral sobre a produção [8]. Fato também observado em cereais como arroz [6]. A aveia é altamente influenciada pelas condições de ambiente, portanto métodos que visam caracterizar a adaptabilidade e estabilidade que se baseiam nas interações entre genótipos e ambiente são úteis na definição de tecnologias de manejo mais estáveis e eficientes nos sistemas de cultivo [3].

## 4 Conclusões

A máxima eficiência técnica, independente da condição de ano agrícola promove maior produtividade de grãos e de indústria com as doses médias de 86 e 81 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Já, a máxima eficiência econômica, considerando a relação preço do produto e insumo, independente da condição de ano agrícola proporcionou valores similares da produtividade de grãos

e de indústria aos obtidos pela máxima eficiência técnica com as doses médias de 71 kg ha<sup>-1</sup> e 51 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O parâmetro de estabilidade indica comportamento previsível, independente da condição de ano agrícola na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para a produtividade de grãos e de indústria. Esta dose de nitrogênio promove, alta produtividade e qualidade de grãos, aliada a possibilidade de diminuir as perdas de nitrogênio ao ambiente, reduzindo os impactos ambientais.

## Referências

- [1] Arenhardt, E. G., Da Silva, J. A. G., Gewehr, E., De Oliveira, A. C., Binelo, M. O., Valdiero, A. C., Gzergorzick, M. E., De Lima, A. R. C. O suprimento de nitrogênio no cultivo de trigo depende das condições climáticas e do sistema de sucessão no sul do Brasil. *Revista Africana de Pesquisa Agrícola*, volume 10, p. 4322-4330, 2015. DOI: 10.5897/AJAR2015.10038.
- [2] Da Silva, J. A. G., Goi Neto, C. J., Fernandes, S. B. V., Mantai, R. D., Scremin, O. B., Pretto, R. Eficiência de nitrogênio em aveia no rendimento de grãos com estabilidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, volume 20, p. 1095-1100, 2016. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1095-1100.
- [3] Da Silva, J. A. G., Wohlenberg, M. D., Arenhardt, E. G., De Oliveira, A. C., Mazurkiewicz, G., Muller, M., Arenhardt, L. G., Binelo, M. O., Arnold, G., Pretto, R. Adaptability and stability of yield and industrial grain quality with and without fungicide in Brazilian oat cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, volume 6, p.1560-1569, 2015. DOI: 10.4236/ajps.2015.69155.
- [4] De Mamann, A. T. W., da Silva, J. A. G., Binelo, M. O., Scremin, O. B., Kraisig, A. R., Carvalho, I. R., Argenta, C. V. Inteligência Artificial Simulando Produtividade de Grãos Durante o Desenvolvimento do Trigo Considerando Indicadores Biológicos e Ambientais. *Journal of Agricultural Studies*, volume 7, p. 197-212, 2019. ISSN: 2166-0379.
- [5] Espindula, M. C., Rocha, V. S., Souza, M. A. D., Grossi, J. A. S., Souza, L. T. D. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, volume 34, p. 1404-1411, 2010. DOI: 10.1590/S1413-70542010000600007.
- [6] Freitas, T. F. S., Silva, P. R. F. D., Mariot, C. H. P., Menezes, V. G., Anghinoni, I., Brede-meier, C., Vieira, V. M. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, volume 32, p. 2397-2405, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000600018.
- [7] Hawerth, M. C., Da Silva, J. A. G., Woymann, L. G., Zimmer, C. M., Groli, E. L., De Oliveira, A. C., De Carvalho, F. I. F. Correlations among industrial traits in oat cultivars grown in different locations of Brazil. *Australian Journal of Crop Science*, volume 9, p. 1182-1189, 2015. ISSN: 1835-2693.
- [8] Pavinato, P. S., Ceretta, C. A., Giroto, E., Moreira, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, volume 38, p. 358-364, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000200010.
- [9] Sala, V. M. R., Freitas, S. D. S., Donzeli, V. P., Freitas, J. G., Gallo, P. B., Silveira, A. P. D. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, volume 29, p. 345-352, 2005. DOI:10.1590/S0100-06832005000300004.
- [10] Scremin, O. B., Da Silva, J. A. G., De Mamann, A. T. W., Mantai, R. D., Brezolin, A. P., Marolli, A. Eficiência de nitrogênio no rendimento de aveia através do biopolímero hidrogel.

- Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, volume 21, p. 379-385, 2017. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n6p379-385.
- [11] Seffrin, R., Araújo, E. C. de., Bazzi, C. L. Regression models for prediction of corn yield in the state of Paraná (Brazil) from 2012 to 2014. *Acta Scientiarum. Agronomy*, volume 40, p.1-11, 2018. DOI: 10.4025/actasciagron.v40i1.36494.
- [12] Tavares, L. C., Rufino, C. D. A., Brunes, A. P., Tunes, L. M. D., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, volume 43, p. 1357-1363, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013000800003.
- [13] Vieira, F. A., Bezerra Neto, F., Silva, M. L. D., LIMA, J. S. S. D., Barros Junior, A. P., Silva, I. N. Technical-economic efficiency of the yield of green grains of cowpea fertilized with rooster-tree. *Revista Caatinga*, volume 31, p. 504-510, 2018. DOI: 10.1590/1983-21252018v31n227rc.
- [14] Wendling, A., Eltz, F. L. F., Cubilla, M. M., Amado, T. J. C., Mielniczuk, J., Lovato, T. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao silho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, volume 31, p. 985-994, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000500015.