

## Rendimento físico e econômico da aveia preta no Distrito Federal

*Physical and economic yield of the black oat in Distrito Federal*

OLIVEIRA JÚNIOR, Manuel Pereira de<sup>1</sup>; SILVA, Cícero Lopes da<sup>1</sup>;  
OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

\*Endereço para correspondência: cicero@unb.br

### RESUMO

Objetivou-se determinar a melhor combinação econômica entre lâmina de água e dose de nitrogênio, a taxa marginal de substituição entre os insumos e avaliar o efeito da combinação dos insumos mencionados sobre a qualidade da forragem de aveia-preta (*Avena strigosa* Shreb). A irrigação foi feita por aspersão com linha única. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados no esquema de parcela subdividida no espaço. As parcelas foram compostas pelas lâminas de água, e as subparcelas, pelas doses de nitrogênio. As lâminas de água aplicadas foram: 1,3; 107,1; 135,7; 295,9; 330,3; 469,7; 544,3 e 546,1mm, e as doses de nitrogênio: 0,00; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16 e 0,32Mg/ha. O teor de proteína bruta no nível de rendimento máximo econômico de matéria seca de aveia produzida foi de 17,6%. A partir dos custos dos insumos e do valor da forragem de aveia-preta, o ótimo econômico foi calculado em 3,87Mg/ha de matéria seca, obtido a um nível de 280mm de lâmina de água aplicada e de 0,094 Mg de nitrogênio por ha, o que proporcionou um lucro de R\$147,32 por ha. A taxa marginal de substituição foi calculada em 0,44mm de água por  $1 \times 10^{-3}$ Mg/ha de nitrogênio. A máxima produtividade de matéria seca 4,22Mg/ha foi observada para a lâmina de irrigação de 336mm e dose de nitrogênio de 0,22Mg/ha. Os teores médios de fibra em detergente neutro ficaram abaixo de 55%.

**Palavras-chave:** fibra em detergente neutro, lucro máximo, matéria seca, proteína

### SUMMARY

This work determined the best economical combination between irrigation and nitrogen levels, the marginal rate of substitution among inputs and to evaluate inputs effects on black oat (*Avena strigosa* Shreb) forage quality. Irrigation was done using a line source sprinkler system. It was used a randomized complete block design for the irrigation variable, with the factor nitrogen, a split plot on irrigation and five replications. The eight irrigation levels applied were: 1.3, 107.1, 135.7, 295.9, 330.3, 469.7, 544.3 and 546.1mm. The six nitrogen doses were: 0.00, 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, and 0.32Mg/ha. The crude protein content for the maximum economical dry matter yield was 17.6%. Considering input costs and output prices of black oat forage, it was calculated the maximum economical yield of 3.87Mg/ha of dry matter for 280mm of irrigation depth and for 0.094Mg/ha nitrogen level, which allowed a profit of R\$147.32 per ha. The marginal rate of substitution was found to be 0.44mm water per  $1 \times 10^{-3}$ Mg/ha of nitrogen. Maximum dry matter yield 4.22Mg/ha was verified for the 336mm irrigation depth and for 0.22Mg/ha nitrogen dose. Mean neutral detergent fiber values obtained were lower than 55%.

**Keywords:** dry matter, maximum profit, neutral detergent fiber, protein

## INTRODUÇÃO

O déficit hídrico na estação seca do Centro-Oeste leva a uma grande estacionalidade na produção de forragem, com redução da quantidade e qualidade oferecida aos animais (BHERING et al., 2008). Para solucionar o problema, a aveia-preta, dentre as alternativas, destaca-se em decorrência do crescimento rápido e da elevada produção de matéria seca (MAI et al., 2003).

Ultimamente, o cultivo de espécies temperadas no inverno, como a aveia-preta, tem despertado interesse (SILVEIRA & KLAR, 2001). No entanto, temperaturas elevadas provocam forte redução na produtividade de matéria seca de aveia-preta. Por essa razão, as regiões indicadas para cultivo dessa forrageira devem apresentar condições de temperatura amena em pelo menos uma época do ano (FEROLLA et al., 2007).

A aplicação de nitrogênio nas pastagens cultivadas tem reduzido a estacionalidade e melhorado a qualidade da forragem (EUCLIDES et al., 2007). Por outro lado, Paz et al. (2000) enfatizaram o uso da água como um fator de produção que promove um aumento no rendimento da cultura conforme o nível de irrigação aplicado. Todavia, a aplicação desses insumos apresenta custos advindos de sua aplicação, e a quantidade econômica depende do custo, da produtividade alcançada pela cultura e do valor de venda no mercado.

A aveia-preta foi considerada um excelente extrator de nitrogênio do solo, pois a aplicação de até 0,045Mg/ha desse insumo durante o perfilhamento da cultura no inverno não causou aumento de produtividade no cultivo de

milho no verão subsequente (MAI et al., 2003).

Em condições de solo fértil, a dose de 0,06Mg/ha de N provocou acamamento das plantas de aveia-preta (NAKAGAWA et al., 2000). Por outro lado, na dose citada e em condições de menor fertilidade de solo, a adubação nitrogenada ocasionou aumentos na produção de matéria seca e no teor de proteína das sementes, o que evidenciou o cuidado necessário na aplicação de nitrogênio em conformidade com o tipo de solo.

Objetivou-se determinar a melhor combinação econômica entre lâmina de água e dose de nitrogênio, a taxa marginal de substituição entre os insumos e avaliar o efeito da combinação dos insumos mencionados sobre a qualidade da forragem de aveia-preta, a partir de parâmetros de diferenciação, do teor de fibra em detergente neutro e do teor de proteína bruta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Água Limpa de propriedade da Universidade de Brasília, numa área de coordenadas geográficas médias em torno de 15° 56' S e 47° 56' W e altitude de 1.080m.

A classificação climática da região, pelo método de Köppen, é do tipo Cwa e apresenta duas estações climáticas bem definidas. A estação seca, que se inicia no final do mês de abril e se estende até setembro, e uma estação chuvosa, que se inicia em outubro e vai até meados do mês de abril. O solo da área do experimento é um Latossolo Vermelho-Amarelo de relevo suave com 4% de declividade.

O plantio foi realizado em 16 de maio de 2007. Na adubação de plantio, utilizaram-se 0,22Mg/ha de superfosfato triplo, 0,15Mg/ha de cloreto de potássio e 0,03Mg/ha do suplemento de micronutrientes, sob nome comercial FTE BR-12, conforme sugerido pela análise do solo. Foi utilizado o espaçamento de 0,20m entre linhas, com 81 sementes viáveis por metro linear introduzidas no solo numa profundidade de 4cm. Após o plantio, foi instalado um sistema de irrigação por aspersão fixo com três linhas de aspersores, para promover a germinação e uniformizar o teor de água no solo.

As parcelas foram demarcadas no dia 17 de maio com 19,2m de comprimento, dispostas paralelamente à linha de aspersores e com 3,0m de largura. Instalaram-se cinco linhas transversais de coletores para que fossem quantificadas as lâminas de água aplicadas por meio da aspersão em linha única. Por meio de um sistema de irrigação convencional, foram realizadas duas irrigações, uma no dia 17 de maio e a outra no dia 20, o que totalizou 39mm de água que não foi incorporada ao cálculo econômico por se tratar de irrigações cujo único objetivo foi de promover germinação uniforme.

A germinação ocorreu em 22 de maio, data em que foi desativado o sistema de irrigação convencional e instalado o sistema de irrigação de linha única no centro da área experimental. As primeiras parcelas ficaram distanciadas de 1,5m da linha única, tanto à direita como à esquerda para facilitar o trânsito ao longo do experimento. Ambos os lados contaram com quatro faixas irrigadas.

Realizou-se a primeira irrigação com linha única em 29 de maio e, dessa data em diante, foram feitas duas irrigações semanais até 6 de julho, quando a

cultura atingiu o estágio de pré-florescimento, coincidente com a época de corte. Com relação à distribuição das lâminas de água, as parcelas mais próximas aos aspersores receberam os níveis de lâmina de água mais elevados e, na medida em que se afastaram, o nível de água foi menor. Dessa forma, os níveis de lâmina de água foram dispostos em faixas sucessivas proporcionais ao nível de distanciamento da linha de aspersores.

As parcelas ficaram separadas por uma distância de 0,5m para se evitar a interferência da adubação entre as subparcelas. Nas faixas de irrigação, cada parcela foi subdividida em seis subparcelas com 3,2m de comprimento e, em cada uma delas, efetuaram-se tratamentos com diferentes doses de nitrogênio (sulfato de amônio), e essa adubação deu-se nos dias 5 e 6 de junho por ocasião do início do perfilhamento. As doses aplicadas foram 0,00; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16 e 0,32Mg/ha de nitrogênio, sorteadas nas subparcelas.

As variáveis foram analisadas a partir do delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcela subdividida no espaço, com as lâminas de água nas parcelas e as doses de nitrogênio nas subparcelas. Apesar de a lâmina de água não poder ser aleatorizada nesse tipo de experimento, a situação é contornada segundo a recomendação de Fernandes (1991).

A colheita foi realizada aos cinquenta dias após a germinação, ou seja, 10 e 11 de julho. As amostras de forragem foram obtidas com o corte rente ao solo em uma área aleatorizada de 4m<sup>2</sup> em cada subparcela. Essas amostras foram pesadas no local e divididas para determinação do teor de matéria seca, teor de proteína bruta e fibra em detergente neutro. Após a colheita, foram contados os perfilhos de 20 plantas de cada subparcela.

O material amostrado foi pesado e colocado em estufa por 72 horas a 55°C. Após esse tempo, foi determinada a massa da matéria seca. O material foi triturado para a análise do teor de proteína bruta pelo consagrado método de Kjeldahl e fibra em detergente neutro pelo também consagrado método de van Soest.

A partir dos demais fatores fixos, a resposta da aplicação dos insumos água e nitrogênio na produtividade de matéria seca da aveia-preta foi representada pelo modelo  $Y = b_0 + b_1W + b_2N + b_{11}W^2 + b_{22}N^2 + b_{12}WN + \xi$  em que Y é a produtividade de matéria seca da aveia preta (kg/ha);  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{22}$ ,  $b_{12}$  representa os coeficientes de regressão; W, a lâmina de água em mm e N dose de nitrogênio em kg/há;  $\xi$ , o erro estatístico da regressão, supostamente independente e normalmente distribuído com média zero e variância constante.

As lâminas de água e dose de nitrogênio que geram a máxima produtividade foram obtidas quando se estabeleceu a nulidade das produções marginais relativas a cada variável, isto é  $\partial Y / \partial W = 0$  e  $\partial Y / \partial N = 0$ . Com a condição de as derivadas de segunda ordem da função Y serem negativas, o lucro máximo foi calculado quando as produtividades marginais foram igualadas ao preço médio do produto com relação, respectivamente, ao insumo mencionado, isto é  $\partial Y / \partial W = P_Y / P_W$  e  $\partial Y / \partial N = P_Y / P_N$ , em que  $P_Y$  é o valor possível de venda ou valor de mercado de um kg de matéria seca da forragem e  $P_W$  e  $P_N$  são, respectivamente, os preços de um mm de água e de um kg de nitrogênio aplicados. Para calcular o preço da lâmina de água, considerou-se uma área irrigada de 10ha, conforme sugestão da EMATER – DF, mediante a informação

dos tamanhos de área irrigada com aveia preta, pelos criadores de gado de leite da região. Para o cálculo do retorno financeiro foram considerados os preços de feno de aveia a R\$0,45 por kg e de nitrogênio a R\$2,65 por kg e o preço do mm de água aplicado, calculado com a lâmina que proporcionou a máxima produção de matéria seca.

Para cálculo da lucratividade, foi utilizada a função:  $L = P_Y Y - P_W W - P_N N - CF$ , em que: L é o lucro;  $P_Y$  o preço de forragem da aveia-preta; Y, a quantidade produzida de matéria seca da aveia;  $P_W$  e  $P_N$  são os preços respectivos da lâmina de água e do kg de nitrogênio e CF, os custos fixos inerentes à produção da cultura. Foram considerados custos fixos, operações de aração, gradagem, plantio e colheita, o uso dos insumos supertríplo, cloreto de potássio, FTE BR-12 e semente de aveia preta, o que totalizou R\$ 699,09 por hectare. Foram determinados também os custos fixos da aplicação dos insumos água e nitrogênio, correspondentes à depreciação e manutenção dos equipamentos de irrigação e do maquinário necessário à distribuição do fertilizante nitrogenado, o que totalizou R\$285,74, de forma que o total geral dos custos fixos chegou à soma de R\$984,83.

O custo fixo referentes às operações de plantio, irrigação e distribuição do adubo nitrogenado, corte e acondicionamentos da forragem foram calculados por meio da taxa de recuperação do capital, conforme modelo proposto por Bernardo (2005). A taxa de juros 11,25 % ao ano em vigor na maioria dos financiamentos da atividade agropecuária, na época do experimento, foi adotada neste trabalho, além de se considerar um porcentual de 10% como valor de sucata do maquinário empregado e vida útil de 10 anos, e a taxa anual de manutenção foi

considerada em 12 % do valor de aquisição do maquinário.

A superfície de resposta ao uso dos dois insumos foi representada por isoquantas, que são linhas que unem pontos de mesma produtividade. Em qualquer linha se podem trocar os níveis de um insumo por outro, de forma que seja mantida, logicamente, a mesma produtividade. A partir do ponto de máximo retorno financeiro, a taxa marginal de substituição (TMgS) para os insumos aplicados no processo produtivo pôde ser determinada, com a divisão do produto marginal de um insumo pelo produto marginal do outro, o que resultou na expressão:  $TMgS = (\partial Y / \partial W) / (\partial Y / \partial N)$ .

A análise estatística foi feita com o programa MSTAT da Universidade de Michigan, e o teste de análise de variância foi seguido dos respectivos testes de média e da posterior análise de regressão de múltiplas variáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período do experimento não houve ocorrência de precipitação. Foi observada a temperatura máxima de 29°C, a mínima de 6,3°C e a média de 18,2°C. A umidade relativa média do ar correspondeu a 69,9%, conforme dados climatológicos extraídos da estação agroclimatológica do local.

A totalização das lâminas decorrentes das irrigações aplicadas após a completa germinação da cultura (Tabela 1) mostra que houve interação significativa entre as duas variáveis independentes para a variável dependente produtividade de matéria seca de aveia. A maior produtividade de matéria seca ocorreu no tratamento 330,3mm de água e 0,16Mg/ha de nitrogênio, com 4,13Mg/ha.

Tabela 1. Produtividade média de matéria seca da aveia-preta em função da lâmina de água aplicada após a germinação da cultura e dose de nitrogênio

Dose de nitrogênio (Mg/ha)	Lâmina de água aplicada após a germinação da cultura (mm)							
	1,3	107,1	135,7	295,9	330,3	469,7	544,3	546,1
	Produtividade média (Mg/ha)							
0,00	0,41 <sup>1*</sup>	2,26 <sup>6</sup>	2,87 <sup>12</sup>	1,88 <sup>5</sup>	2,32 <sup>7</sup>	1,77 <sup>4</sup>	1,51 <sup>3</sup>	1,44 <sup>2</sup>
0,02	0,42 <sup>1</sup>	2,45 <sup>8</sup>	3,77 <sup>19</sup>	2,61 <sup>10</sup>	3,75 <sup>18</sup>	2,56 <sup>9</sup>	2,37 <sup>7</sup>	2,87 <sup>12</sup>
0,04	0,50 <sup>1</sup>	2,84 <sup>12</sup>	3,76 <sup>19</sup>	3,14 <sup>15</sup>	3,38 <sup>15</sup>	2,87 <sup>12</sup>	2,69 <sup>11</sup>	3,18 <sup>15</sup>
0,08	0,44 <sup>1</sup>	2,87 <sup>12</sup>	3,35 <sup>15</sup>	3,03 <sup>14</sup>	3,81 <sup>20</sup>	3,04 <sup>14</sup>	3,10 <sup>15</sup>	2,96 <sup>13</sup>
0,16	0,41 <sup>1</sup>	3,38 <sup>15</sup>	3,57 <sup>17</sup>	3,44 <sup>15</sup>	4,13 <sup>22</sup>	3,30 <sup>15</sup>	2,89 <sup>12</sup>	3,32 <sup>15</sup>
0,32	0,45 <sup>1</sup>	3,46 <sup>16</sup>	3,62 <sup>17</sup>	3,34 <sup>15</sup>	3,90 <sup>21</sup>	2,94 <sup>13</sup>	3,29 <sup>15</sup>	3,48 <sup>16</sup>

\*<sup>1</sup>M, <sup>2</sup>LM, <sup>3</sup>KLM, <sup>4</sup>JKL, <sup>5</sup>IJKL, <sup>6</sup>HJKL, <sup>7</sup>JHIJKL, <sup>8</sup>FGHIJKL, <sup>9</sup>EFGHIJKL, <sup>10</sup>DEFGHIJKL, <sup>11</sup>CDEFGHIJK, <sup>12</sup>BCDEFGHIJ, <sup>13</sup>ABCDEFHIJ, <sup>14</sup>ABCDEFGHI, <sup>15</sup>ABCDEF, <sup>16</sup>ABCDEF, <sup>17</sup>ABCDEF, <sup>18</sup>ABCDE, <sup>19</sup>ABCD, <sup>20</sup>ABC, <sup>21</sup>AB e <sup>22</sup>A. Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A temperatura média de 18,2°C durante o cultivo da aveia-preta no local do experimento foi em média de 1°C maior do que no mesmo período do ano

anterior. Por essa razão, acredita-se que a cultura não expressou todo seu potencial de produtividade. No entanto, foi aproximadamente o dobro da obtida

por Ferolla et al. (2007), no norte do estado do Rio de Janeiro.

Independente da dose de nitrogênio, foram observadas produtividades médias abaixo de 0,50 Mg/ha de matéria seca para o tratamento de 1,3mm de água, que não diferiram estatisticamente entre si ( $P>0,05$ ). A razão de terem sido obtidas baixas produtividades, na condição de déficit hídrico extremo, pode advir do fato do fluxo de massa ser o principal processo pelo qual a planta retira os nutrientes da solução do solo para o seu desenvolvimento. Se não há água, conseqüentemente não há fluxo de massa.

Em condições de altos teores de água no solo por períodos longos, a troca gasosa é dificultada pela redução da porosidade de aeração e conseqüente diminuição nos níveis de oxigênio, da assimilação de nutrientes para as raízes e da produtividade. Nesses teores elevados também é possível associar a perda de nitrogênio por lixiviação (SANGOI et al., 2003), o que contribui também para se explicar a produtividade decrescente observada em lâminas de água maiores que 330,3mm.

Os dados de produtividade de matéria seca foram submetidos à análise de regressão de múltiplas variáveis. Inicialmente, foi testado um modelo que levou em conta a interação entre água e nitrogênio, porém, o coeficiente de regressão da interação não foi significativo ( $P>0,05$ ). Assim, optou-se pelo modelo:

$$Y = 492,3 + 15,46W + 10,4 N - 0,023W^2 - 0,024N^2, \text{ com } R^2 = 0,68.$$

Com a maximização da produtividade dada pela equação acima em relação à lâmina de água e dose de nitrogênio, obtiveram-se respectivamente 336 mm de água e 0,22Mg/ha de nitrogênio, para

a produtividade de 4,22Mg/ha de matéria seca de forragem de aveia-preta. Com a construção da superfície de resposta que envolvia as variáveis independentes lâmina de água e dose de nitrogênio e a variável dependente produtividade de matéria seca da aveia-preta, foi marcado um retângulo com vértice superior designado pela letra A, que representava a produtividade de 4,22Mg/ha de matéria seca (Figura 1). Esse retângulo corresponde à região de produção racional. Os valores de 336mm de água e de 0,22Mg/ha de nitrogênio, entretanto, não garantem retorno financeiro máximo, como explicitado a seguir.

Na obtenção da máxima produtividade de matéria seca em função da lâmina de água foi estimado um valor de R\$240,00 para o gasto de energia elétrica e de R\$146,20, para o custo de mão-de-obra, o que totalizou R\$386,20. Com a divisão desse valor por 336mm, foi obtido o custo unitário do milímetro de água de R\$1,15.

Com os valores dos custos obtidos para o insumo água e por meio da relação  $\partial Y/\partial W = P_Y/P_W$ , foi calculada a lâmina de água de 280mm, que proporciona o ótimo econômico para as condições em que o experimento foi conduzido.

O custo de aquisição do nitrogênio foi de R\$2,49 por kg e o custo operacional da aplicação de R\$ 0,16 por kg, o que totalizou R\$2,65 por kg de nitrogênio aplicado.

Por meio da relação  $\partial Y/\partial N = P_Y/P_N$  com os valores obtidos para a variável nitrogênio encontrou-se uma quantidade de 0,094Mg/ha, correspondente à dose de nitrogênio que leva ao máximo retorno financeiro nas condições em que o experimento foi conduzido.

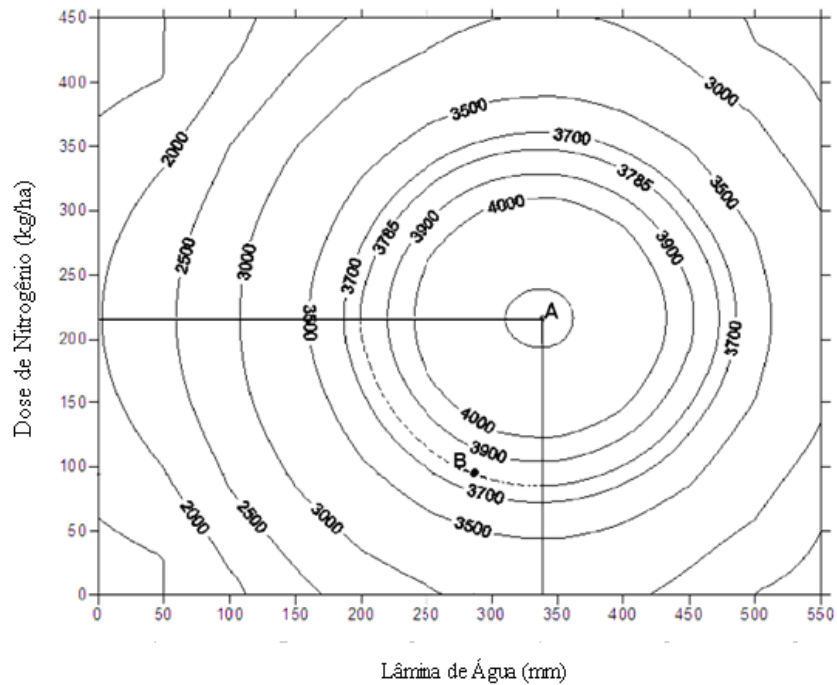


Figura 1. Isoquantas representativas da produtividade de matéria seca de aveia-preta (*A. strigosa*) em função de lâmina de água e dose de nitrogênio. O retângulo demarcado na figura representa a região de produção racional. O ponto A é o vértice de produtividade máxima. B é o ponto de máximo retorno financeiro, com o preço dos insumos na época do experimento

A lâmina de água de 280mm e a dose de nitrogênio de 0,094Mg/ha aplicados ao modelo de regressão permite a estimativa da produção que gera o máximo retorno financeiro, corresponde a 3,79Mg/ha de matéria seca (ponto B da Figural).

O custo fixo da lâmina de água de 280mm foi calculado em R\$266,00, enquanto os custos fixos da aplicação de 0,094Mg/ha de nitrogênio foram calculados em R\$19,74. Os outros custos fixos envolvidos no cultivo da aveia preta, do preparo de solo à colheita foram estimados em R\$699,09 por ha, que, somados aos custos fixos levantados anteriormente, corresponderam a R\$984,83 por ha, que foi o custo fixo total para produção da

forragem estudada. O custo variável do insumo água foi de R\$322,00, oriundo do produto 280mm, multiplicado pelo custo variável da água calculado em R\$1,15 por mm, e o custo variável do nitrogênio foi de R\$249,10, oriundo do produto 94kg/ha de nitrogênio por R\$2,65 de custo unitário do mencionado insumo. Com a aplicação dos valores das doses de água e nitrogênio que resultaram no ótimo econômico e seus respectivos custos totais na função lucro, obteve-se uma lucratividade máxima de R\$147,32 por ha.

Aparentemente, essa lucratividade é baixa, no entanto, é necessário lembrar que a maioria dos produtores de aveia-preta no Distrito Federal a cultiva para alimentar o próprio gado. Com essa

finalidade em vista e lucratividade, é possível concluir que o cultivo de aveia-preta pode colaborar para a sustentabilidade da atividade leiteira na região. É ainda, necessário lembrar que o preço mencionado acima corresponde à venda do produto nos mercados compradores, mas, se os produtores fossem adquiri-lo, esse preço seria maior, o que justifica, mais uma vez, a viabilidade do cultivo dessa forrageira na região.

A fronteira de troca ou de substituição marcada pela linha tracejada correspondente à produtividade de 3,78Mg/ha de matéria seca de aveia (Figura 1) representa o caminho em que se pode substituir o nível de um fator de produção por outro, com manutenção da mesma produtividade. Com a substituição das quantidades de insumos que geraram o ótimo retorno financeiro, nas funções do produto marginal de cada insumo, obteve-se a taxa marginal de substituição igual a 0,44mm de água por  $1 \times 10^{-3}$ Mg/ha de nitrogênio, o que sinaliza a possibilidade de alteração das quantidades de água e nitrogênio a serem aplicados, de acordo com a taxa mencionada. Isso pode ser usado

quando houver escassez de um insumo ou mesmo aumento de preço de um deles com relação ao outro, de forma que seja mantida a mesma produtividade, com lâminas de água entre 199 e 336mm, combinadas a doses de nitrogênio decrescentes entre 0,217 e 0,083Mg/ha.

A taxa marginal de substituição, em termos de fisiologia da planta pode ser comparada com uma situação em que, por meio da observação da redução hídrica no solo, as plantas desenvolvem um sistema radicular mais profundo, o que aumenta o volume de solo explorado e promove a melhor captação de nutrientes aplicados no solo via adubação.

Para o teor de proteína bruta houve interação significativa ( $P < 0,01$ ) entre lâmina de água e dose de nitrogênio (Tabela 2). O valor maior de proteína bruta, de 22%, foi observado na lâmina de água de 330mm juntamente à dose de 0,32Mg/ha de nitrogênio. Os menores valores de proteína bruta, independente da lâmina de água aplicada, foram observados no nível zero de nitrogênio.

Tabela 2. Teor de proteína bruta em função da lâmina de água aplicada após a germinação e dose de nitrogênio

Dose de nitrogênio (Mg/ha)	Lâmina de água aplicada após a germinação da cultura (mm)							
	1,3	107,1	135,7	295,9	330,3	469,7	544,3	546,1
	Teor de proteína bruta (%)							
0,00	16,5 <sup>6</sup>	14,1 <sup>1*</sup>	13,8 <sup>1</sup>	15,0 <sup>3</sup>	13,7 <sup>1</sup>	13,9 <sup>1</sup>	14,1 <sup>1</sup>	13,7 <sup>1</sup>
0,02	16,7 <sup>7</sup>	15,6 <sup>3</sup>	17,1 <sup>9</sup>	16,0 <sup>4</sup>	15,4 <sup>3</sup>	15,4 <sup>3</sup>	14,7 <sup>2</sup>	15,0 <sup>3</sup>
0,04	16,9 <sup>8</sup>	17,6 <sup>10</sup>	16,5 <sup>6</sup>	15,9 <sup>4</sup>	17,8 <sup>10</sup>	17,3 <sup>10</sup>	16,0 <sup>4</sup>	17,0 <sup>8</sup>
0,08	17,4 <sup>10</sup>	18,3 <sup>10</sup>	18,4 <sup>10</sup>	17,9 <sup>10</sup>	18,1 <sup>10</sup>	17,2 <sup>10</sup>	16,0 <sup>4</sup>	17,1 <sup>9</sup>
0,16	16,1 <sup>5</sup>	21,4 <sup>16</sup>	19,2 <sup>11</sup>	19,0 <sup>11</sup>	19,2 <sup>11</sup>	19,2 <sup>11</sup>	19,5 <sup>12</sup>	19,1 <sup>11</sup>
0,32	15,6 <sup>3</sup>	21,7 <sup>17</sup>	21,9 <sup>18</sup>	20,9 <sup>14</sup>	22,0 <sup>19</sup>	21,4 <sup>16</sup>	20,6 <sup>13</sup>	21,3 <sup>15</sup>

\*<sup>1</sup>J, <sup>2</sup>IJ, <sup>3</sup>HIJ, <sup>4</sup>GHIJ, <sup>5</sup>FGHIJ, <sup>6</sup>EFGHIJ, <sup>7</sup>DEFGHIJ, <sup>8</sup>CDEFGHIJ, <sup>9</sup>BCDEFGHIJ, <sup>10</sup>ABCDEFHIJ, <sup>11</sup>ABCDEFI, <sup>12</sup>ABCDEF, <sup>13</sup>ABCDEF, <sup>14</sup>ABCDEF, <sup>15</sup>ABCDE, <sup>16</sup>ABCD, <sup>17</sup>ABC, <sup>18</sup>AB, <sup>19</sup>A. Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.



Os valores obtidos nos teores de proteína, a partir do tratamento 107,1mm de água, mostram que, à medida que se adiciona nitrogênio, a forrageira estudada respondeu com aumento no teor de proteína bruta. Esse fato é explicado pelo fato de o nitrogênio ser um elemento fundamental na constituição das proteínas.

Analogamente aos dados de produção de matéria seca, os dados de teor de proteína bruta foram submetidos à análise de regressão de múltiplas variáveis. Inicialmente, foi testado um modelo completo que levou em conta as duas variáveis e a interação entre elas. A variável lâmina de água e a interação entre essa e nitrogênio não apresentaram coeficientes de regressão significativos ( $P>0,05$ ), apesar de aparecerem na análise de variância. Assim, optou-se pelo modelo  $Y_{PB} = 14,589 + 0,039N - 0,0000N^2$ , com  $R^2$  igual a 0,73.

Com a maximização da equação anterior, encontra-se uma dose de nitrogênio de 0,263Mg/ha que resulta no teor máximo ajustado de proteína bruta em torno de 19,7%. Uma adubação dessa magnitude não é financeiramente econômica e, por isso, deve-se preferir a dose de 0,094Mg/ha de nitrogênio, a qual propiciou o máximo de retorno financeiro e resultou

em teor de PB ajustado de 17,6%, além do mais o mercado da região não paga pelo feno de aveia em função do teor de proteína. Segundo Ítavo et al. (2002), o NRC de 1984 recomenda alimentos com nível de proteína bruta de 12%, e níveis abaixo desse valor levam o animal a reduzir a absorção de nutrientes e diminuir o consumo do alimento. Com a utilização de animais nelores submetidos às dietas com 15 e 18% de PB, nas fases de recria e terminação, esses mesmos autores verificaram não haver diferenças nessas dietas em termos de consumo e digestibilidade de nutrientes. Portanto, a forragem produzida no presente estudo pode ser adequada para alimentação bovina em dietas puras ou balanceadas com outras forrageiras de menor conteúdo proteico.

A análise estatística para as variáveis dependentes, teor de matéria seca, número de perfilhos por planta e fibra em detergente neutro mostrou não haver efeito de lâmina de água isoladamente e, também, da interação lâmina de água e nitrogênio.

Em relação à variável matéria seca, os tratamentos com 0,00, 0,02 e 0,16Mg/ha de nitrogênio diferiram estatisticamente entre si com 14,9, 13,9 e 13,0%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de matéria seca (MS), N° de perfilhos e fibra em Detergente Neutro (FDN), em função da dose de nitrogênio

Dose de Nitrogênio (Mg/ha)	MS (%)	N° perfilhos	FDN (%)
0,00	14,9 <sup>A</sup>	5,0 <sup>B</sup>	52,4 <sup>B*</sup>
0,02	13,9 <sup>B</sup>	5,5 <sup>AB</sup>	53,8 <sup>AB</sup>
0,04	13,3 <sup>BC</sup>	5,3 <sup>B</sup>	54,4 <sup>A</sup>
0,08	13,4 <sup>BC</sup>	5,3 <sup>B</sup>	54,8 <sup>A</sup>
0,16	13,0 <sup>C</sup>	5,6 <sup>AB</sup>	54,0 <sup>AB</sup>
0,32	13,1 <sup>BC</sup>	6,0 <sup>A</sup>	53,7 <sup>AB</sup>

\*Médias com mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, Tukey a 5%.

Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente. A redução do teor de matéria seca observada em doses maiores de nitrogênio está em desacordo com os dados de Nakagawa et al. (2000).

O tratamento com 0,32Mg/ha de nitrogênio proporcionou 6,0 perfilhos por planta, e diferiu dos demais, o que sugere que as doses mais elevadas podem favorecer o perfilhamento. Os valores obtidos no presente estudo ficaram próximos dos obtidos por Nakagawa et al. (2000).

Na ausência de nitrogênio, verificou-se um teor de fibra em detergente neutro de 52,4%, que diferiu apenas dos níveis 0,04 e 0,08Mg/ha de nitrogênio.

No presente trabalho, a melhor combinação econômica encontrada entre água e nitrogênio foi, respectivamente, 280mm e 0,094Mg/ha, com produtividade de 3,78 Mg/ha de matéria seca. Verificou-se, ainda, a possibilidade de se manter essa produtividade com a alteração dos níveis de água e nitrogênio, desde que se obedeça à taxa marginal de substituição.

Além de não ter sido afetado por lâmina de água, o teor de fibra em detergente neutro foi pouco afetado pela dose de nitrogênio. Com relação ao teor de proteína bruta, verificou-se, na análise de variância, interação entre água e nitrogênio e, na análise de regressão, o nitrogênio mostrou influência quadrática no teor de proteína bruta.

## REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7ed. Viçosa: UFV. 2005. 611p. [ [Links](#) ].

BHERING, M.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUZA, A.L.; ZERVOUDAKIS, J.T.; RODRIGUES, R.C.; PEREIRA, G.A.C.; REVERDITO, R.; OLIVEIRA, I.S. Características agrônômicas do capim-elefante roxo em diferentes idades de corte na depressão cuiabana. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.384-396, 2008. [ [Links](#) ].

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; MEDEIROS, R.N.; OLIVEIRA, M.P.C. Características do pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1189-1198, 2007. [ [Links](#) ].

FERGUSON, C.E. **Teoria microeconômica**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1988. 610 p. [ [Links](#) ].

FERNANDES, G.C.J. Repeated measure analysis of line source sprinkler experiments. **Hortscience**, v.26, n.4, p. 26-31, 1991. [ [Links](#) ].

FEROLLA, F.S.; VÁSQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C.; VIANA, A.P.; DOMINGUES, F.N.; AGUIAR, R.S. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-preta e triticale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1512-1517, 2007. [ [Links](#) ].

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1033-1041, 2002. Supl. [ [Links](#) ].

MAI, M.E.M.; CERETTA, A.A.;  
BASSO, C.J.; SILVEIRA, M.J.;  
PAVINATO, A.; PAVINATO, P.S.  
Manejo da adubação nitrogenada na  
sucessão aveia-preta/milho no sistema  
plantio direto. **Pesquisa Agropecuária  
Brasileira**, v. 38, n.1, p.125-131, 2003.  
[ [Links](#) ].

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.;  
MACHADO, J.R. Adubação  
nitrogenada no perfilhamento da aveia-  
preta em duas condições de fertilidade  
do solo. **Pesquisa Agropecuária  
Brasileira**, v.35, n.6, p.1071-1080,  
2000. [ [Links](#) ].

PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A.;  
BOTREL, T.A.; FOLEGATTI, M.V.  
Otimização do uso da água em sistemas  
de irrigação por aspersão. **Revista  
Brasileira de Engenharia Agrícola e  
ambiental**, v.6, n.3, p.404-408, 2002.  
[ [Links](#) ].

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH,  
V.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de  
nitrogênio afetada pela forma de  
aplicação da uréia e manejo dos restos  
culturais de aveia em dois solos com  
texturas contrastantes. **Ciência Rural**,  
v.33, n.1, p.65-70. 2003. [ [Links](#) ].

SILVEIRA, M.H.D.; KLAR, A.E.  
Produção de matéria seca e  
evapotranspiração real de aveia preta  
(*Avena strigosa* S.) em seis níveis  
freáticos. **Irriga**, v.6, n.2, p.104-114,  
2001. [ [Links](#) ].

Data de recebimento: 06/10/2008

Data de aprovação: 11/03/2010