

## VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA IRRIGAÇÃO DO MILHO-VERDE EM TERESINA PIAUÍ

A. L. L. Brasil<sup>1</sup>, E. A. de S. Ribeiro<sup>1</sup>, G. S. F. Silva<sup>1</sup>, F. E. P. Mousinho<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar a viabilidade econômica do uso das águas subterrâneas na irrigação de milho-verde. Os dados de números de espigas comerciais e seu valor médio comercial foram obtidos a partir de um experimento instalado no Colégio Técnico de Teresina (CTT) utilizando-se o milho-verde (AG1051) sob três sistemas de irrigação: aspersão, gotejamento superficial e gotejamento subsuperficial. Foram estimados os custos de produção de milho-verde para cada sistema de irrigação considerando-se os custos fixos e variáveis, inclusive o custo da água e energia. Considerou-se também o custo da estrutura do poço tubular e bombeamento em função do nível dinâmico, estimando-se o valor deste que torna a atividade economicamente viável para as diversas combinações de sistema de irrigação, área de cultivo e número de ciclos. O cultivo irrigado do milho verde utilizando água subterrânea mostrou-se viável quando o nível dinâmico for menor que 133,06 m exceto para o gotejamento subsuperficial com área de um hectare cultivando apenas um ciclo por ano. A utilização de água subterrânea com o nível dinâmico acima de 200 m pode ser economicamente viável dependendo da combinação sistema de irrigação, área e número de ciclo por ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zeamays L.*, poço tubular, nível dinâmico.

## ECONOMIC VIABILITY OF THE USE OF UNDERGROUND WATER IN THE IRRIGATION OF MAIZE-GREEN IN TERESINA PIAUÍ

**SUMMARY:** This work aimed to evaluate the economic viability of groundwater use in maize-green irrigation. The data of numbers of commercial ears and their commercial average value were obtained from an experiment installed at the Technical College of Teresina (CTT) using corn-green (AG1051) under three irrigation systems: sprinkling, surface drip and drip irrigation Subsurface. The green maize production costs for each irrigation system were estimated considering the fixed and variable costs, including the cost of water and energy. It was also

<sup>1</sup> Mestrando PPGA/UFPI, CEP 64049-550 Teresina, PI. Fone (86)32372113. E-mail: andrealeticiabrasil@gmail.com, edgarcfn@hotmail.com, gabriela-sabrine@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutor CTT/UFPI, CEP 64049-550 Teresina, PI. Fone (86)32372113. E-mail: fepmouisi@ufpi.edu.br

considered the cost of tubular well structure and pumping according to the dynamic level, estimating the value of this that makes the activity economically feasible for the various combinations of irrigation system, area of cultivation and number of cycles. Irrigated green corn cultivation using groundwater was feasible when the dynamic level was lower than 133.06 m except for subsurface drip irrigation with an area of one hectare cultivating only one cycle per year. The use of groundwater with the dynamic level above 200 m can be economically feasible depending on the combination irrigation system, area and cycle number per year.

**KEY WORDS:** Zea mays L., tubular well, dynamic level.

## INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais consumidos do mundo por sua versatilidade podendo ser destinado para o consumo humano e animal em grão e in natura, tendo outras finalidades como a indústria de alimentos em seu beneficiamento e até na produção de combustíveis automotivos (Portela et al., 2016). Segundo a CONAB (2017) a área plantada de milho no país passa de 17 milhões de hectares. Desse total a região Nordeste apresenta mais de 2,5 milhões de hectares plantados.

O milho colhido e consumido com umidade entre 70 a 80%, enquanto os grãos ainda estão macios, é classificado como milho verde (Luz et al., 2014). A sua produção e comercialização tem grande valor econômico no Brasil, sendo uma atividade predominada pela agricultura familiar, já que é um produto in natura, perecível e necessita ser produzido próximo ao seu mercado consumidor. Na região Meio Norte a maior produção de milho-verde segundo Sousa et al (2017) está concentrado na região centro norte do estado do Piauí, em 13 cidades, incluindo Teresina, o maior centro produtor e consumidor e uma no estado do Maranhão a cidade de Timon vizinha a Teresina.

Para obter a continuidade da oferta ao longo de todo o ano a grande limitação do setor é a sazonalidade da chuva ao longo do ano na região meio-norte pois o período chuvoso se concentra entre janeiro e maio onde a produção é de sequeiro e nos meses de junho a dezembro a produção de milho verde tem que ser auxiliada pela técnica de irrigação. A irrigação é a atividade que mais consome água e assim para que essa técnica seja desenvolvida, precisa de uma fonte de água para seu funcionamento e na maioria dos locais não se tem água superficial sendo na maioria dos casos utilizada a água subterrânea. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009) cerca de 90% do estado do Piauí está localizado na Província Parnaíba que

corresponde à bacia sedimentar do Parnaíba (também chamada do Meio-Norte) sendo a principal do Nordeste tendo seus principais aquíferos os Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí. O Serviço Geológico do Brasil tem registrado que o estado do Piauí possui 29.128 poços perfurados e sua capital Teresina possui 1.761 destes. Devido à profundidade do nível dinâmico dos poços a captação da água subterrânea para a irrigação aumenta o custo da irrigação, podendo tornar a atividade economicamente inviável. Embora a água subterrânea seja bastante utilizada na irrigação ainda são poucas as informações e as pesquisas relacionadas à viabilidade econômica da sua utilização. Desta forma este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica do uso das águas subterrâneas para a produção de milho-verde utilizando diferentes sistemas de irrigação, considerando a profundidade do nível dinâmico do poço.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados de rendimento e custos do milho verde foi conduzido um experimento no Colégio Técnico de Teresina (CTT) vinculado a Universidade Federal do Piauí-UFPI, em Teresina-PI (05° 05' 21" S; 42° 48' 07" W e 74 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, o clima da cidade é do tipo Aw', ou seja, tropical quente e úmido, com período chuvoso do verão ao outono, com umidade relativa média anual de 75%, temperatura média do ar de 28,6°C e a precipitação pluviométrica anual é de 1291 mm (BASTOS et al., 2006).

O solo foi classificado como um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo foram obtidas através da realização de análise de fertilidade do solo, a partir de amostras deformadas coletadas na área experimental, nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20m.

O milho-verde híbrido AG1051 foi cultivado de novembro de 2015 a janeiro de 2016 irrigado três sistemas de irrigação: aspersão, gotejamento superficial e enterrado. A área de aspersão utilizou emissores espaçados de 12 x12 m, vazão de 597 L h<sup>-1</sup> funcionando a uma pressão de 20 mca. O sistema de gotejamento tinha 56 linhas laterais e cada linha lateral para cada linha de plantio, tendo 10 m de comprimento e emissores espaçados de 0,2 m, com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup> e pressão de 9 mca. As linhas dos tubos gotejador tinham espaçamento entre as fileiras de 0,75m.

A semeadura do milho foi feita com uma semente por cova no espaçamento de (0,75 x 0,33m) resultando em um stand aproximado de 44444 plantas ha<sup>-1</sup>. Foi feito o controle químico de pragas e doença. O controle de plantas invasoras foi feito por capinas manual e utilização de herbicida e foi feito o controle químico de pragas e doença. A adubação foi realizada de acordo

com o resultado da análise química do solo e a necessidade da cultura. O ciclo da cultura nas condições experimentais foi concluído em 77 dias.

Para o manejo de irrigação foi utilizado o turno de rega diário e as lâminas definidas pela evapotranspiração da cultura (ETc), calculada a partir da evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultivo (kc). A ETo foi estimada pelo o método de Penman-Monteith.

Para o cálculo de rendimento e receita bruta da cultura foi considerado o número de espigas verdes comerciais e o valor médio R\$ 0,50 por espiga, valor praticado na região no período de janeiro de 2016.

Para o cálculo de rendimento foram quantificados os valores dos insumos (sementes, adubos, herbicida, inseticidas), mão de obra e horas de trator para um hectare, quantificando o custo de produção em R\$ 4281,47 por hectare. Neste custo não está inclusa o custo da água, energia elétrica, perfuração do poço e conjunto moto bomba.

Para a estimativa do custo da água foi utilizado como base o consumo da energia elétrica nos três sistemas de irrigação aspersão, gotejamento superficial e enterrado. Foi contabilizada foi a energia demanda por cada sistema de irrigação para aplicar as laminas requeridas ao longo do ciclo da cultura. Para a estimativa de custos da energia elétrica foi utilizada a tarifa praticada pela Companhia Energética do Piauí (Eletrobrás – Piauí) no mês de janeiro de 2016 (0,405274 R\$ kWh<sup>-1</sup>). O custo da energia elétrica para um ciclo de cultivo foi estimado pela Equação 1 adaptada de Frizzone (2005):

$$CE_i = \frac{10 I_i H_m \gamma_a}{3,6 \cdot 106 \eta} TC \quad (1)$$

Em que:

CE<sub>i</sub> – custo da energia elétrica, durante o ciclo do milho com sistema de irrigação i, R\$ ha<sup>-1</sup>;

I<sub>i</sub> – lâmina bruta de irrigação necessária durante o ciclo do milho com sistema de irrigação i, mm (considerando a eficiência do sistema por gotejamento e aspersão convencional de 90 e 75%, respectivamente);

H<sub>m</sub> – altura manométrica total, (15mca +Nd) nível dinâmico do poço para gotejamento (superficial e subsuperficial) e (35mca + Nd) o nível dinâmico do poço para aspersão convencional;

γ<sub>a</sub> – peso específico da água, 9806,65 N m<sup>-3</sup>;

η – eficiência global do conjunto eletrobomba, 0,65;

TC – tarifa de consumo de energia elétrica referente ao período do ciclo do milho; 0,405274 R\$ kWh<sup>-1</sup>

O custo fixo anual (CF) referente à implantação do sistema de irrigação, perfuração do

poço e do conjunto moto bomba foram estimados por meio do fator de recuperação de capital conforme dados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Investimento necessário para implantação do sistema de irrigação, perfuração do poço e aquisição do conjunto motobomba e sua vida útil e valor residual (VR).

Investimento	Capital investido (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Vida útil (anos)	VR (%)
Gotejamento superficial	6855,49	3	28
Gotejamento subsuperficial	20869,97	3	41
Aspersão	4918,39	10	9
Poço	Equação 2	30	80
Conjunto moto bomba	Equação 3	15	25

Os valores do investimento na perfuração do poço, revestimento, mão de obra para a perfuração e do conjunto moto bomba e acessórios para seu funcionamento e instalação foram obtidos por pesquisa em empresas locais que atuam na cidade de Teresina-PI, Depois da obtenção desses dados foram estimados uma equação que representa o valor de investimento da perfuração do poço em função da profundidade (Equação 2) e a estimativa do valor do conjunto motobomba, representada pela (Equação 3), em função da nível dinâmico.

$$I_p = 197h + 4.6667 \quad (2)$$

Em que,

$I_p$  – investimento para perfuração do poço, R\$;

$h$  – profundidade, m.

$$I_b = 31.033 N_d + 957.34 \quad (3)$$

Em que,

$I_b$  – investimento para aquisição do conjunto moto bomba, R\$;

$N_d$  – nível dinâmico, m.

Com base nos dados obtidos de todas as receitas e despesas foram estimados para cada sistema de irrigação a nível dinâmico do poço que torne a atividade economicamente viável, considerando a possibilidade de diferentes números de ciclo por ano (1 a 4), para áreas de até 5 hectares. Para isso, utilizou-se função Atingir meta da planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2013.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos que representa a variação do nível dinâmico

máximo que torna o cultivo de milho-verde economicamente viável para os três sistemas de irrigação, em áreas de até 5 hectares considerando um a quatro ciclos por ano. Para o cultivo de apenas um ciclo de milho verde por ano (Figura 1 A) em uma área de um hectare, a atividade só é economicamente viável se o nível dinâmico for menor 56,55 m para o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, já na aspersão a profundidade do nível dinâmico pode ser de até 177,02 m e no gotejamento superficial de 165,38 m. Para uma área de cultivo dois hectares o nível dinâmico é viável economicamente que torna o cultivo de milho viável economicamente pode ser de 133,06 m, 336,10m e de 322,90 m para os sistemas de gotejamento subsuperficial, aspersão e gotejamento superficial respectivamente. Para uma área maior, cinco hectares, o nível dinâmico máximo pode ser de 269,86 m para o sistema de gotejamento subsuperficial, de 629,90 m para aspersão e de 646,22m no gotejamento superficial.

Cultivando-se dois ciclos por ano, Figura 1 B em uma área um hectare o nível dinâmico máximo para produção economicamente viável pode ser de até 231,92 m no gotejamento subsuperficial, de até 339.10 m para aspersão e de até 386,23 m para gotejamento superficial. Com produção em três hectares o nível dinâmico máximo para o cultivo viável economicamente pode alcançar de 884,72 m para gotejamento superficial, 733m para a aspersão e 551,20m para o gotejamento subsuperficial. Com cinco hectares de área plantada o nível dinâmico para que a atividade seja economicamente viável deve ser menor que 1173.98 m para o sistema de irrigação gotejamento superficial, 949,03 para aspersão e 732,17m no gotejamento subsuperficial.

Para três ciclos cultivados por ano, Figura 1C, produzindo em um hectare o nível dinâmico máximo para que a produção seja economicamente viável deve ser menor que 571,72m para o gotejamento superficial, 471,19 m para aspersão e 379,22 gotejamento subsuperficial. Em uma produção de milho-verde em quatro hectares o nível dinâmico que permita a atividade ser economicamente viável pode ser até 916.34 m no sistema de irrigação subsuperficial, 1038,81m para a aspersão e 1354.43 m no gotejamento superficial. Na produção em cinco hectares de milho verde o nível dinâmico que possibilite que a atividade seja viável economicamente viável é de até 1005,74 m no gotejamento subsuperficial, de 1128.23 m para aspersão e de 1486,27 m gotejamento superficial.

Quando o número de ciclo de produção aumenta possibilita que o nível dinâmico seja maior como pode se visualizar na Figura 1 D. Na produção em uma área de um hectare o nível dinâmico máximo para que a atividade seja economicamente viável pode alcançar até 504,69m no sistema de irrigação subsuperficial, 580,89m para a aspersão e 729,732m no gotejamento superficial. Na produção de em uma área de dois hectares o referido nível dinâmico

pode ser até 1186,56 m no gotejamento subsuperficial, 1242,99 m para a aspersão e 1692,68 m no gotejamento superficial. Para que o cultivo de milho-verde seja economicamente viável em área com cinco hectares o nível dinâmico máximo é de 1186,56 m no gotejamento subsuperficial, 1242,99 m para aspersão e de 1692,68m no gotejamento superficial.

## CONCLUSÕES

O sistema de irrigação mais sensível a alteração do nível dinâmico do poço em relação a viabilidade econômica para a produção de milho-verde irrigado foi o gotejamento subsuperficial.

O cultivo irrigado do milho verde utilizando água subterrânea mostrou-se viável quando o nível dinâmico for menor que 133,06 m, exceto para o gotejamento subsuperficial com área de um hectare cultivando um ciclo por ano.

A utilização de água subterrânea com o nível dinâmico acima de 200 m pode ser economicamente viável dependendo da combinação sistema de irrigação, área e número de ciclo por ano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS. E. A.; ANDRADE JÚNIOR A. S. de; Boletim agrometeorológico do ano de 2005 para o município de Teresina, PI. Embrapa Meio-Norte, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017. Brasília: CONAB, 2017. 161p. disponível em [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_06\\_08\\_09\\_02\\_48\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf) Acesso em: 27 jun. 2017.

EMBRAPA. Solos, Sistema brasileiro de classificação de solos. *Rio de Janeiro* (1999) 412.

FRIZZONE, J. A. Análise de decisão econômica em irrigação. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.

LUZ, J. M. Q.; CAMILO, J. S.; BARBIERI, V. H. B.; RANGEL, R. M.; OLIVEIRA, R.C.; 2014. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. *Horticultura Brasileira* 32: 163-167.

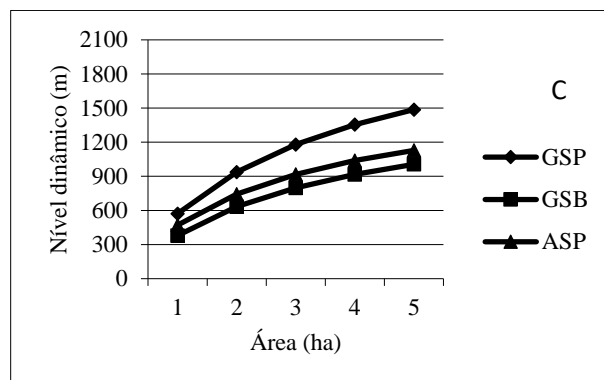
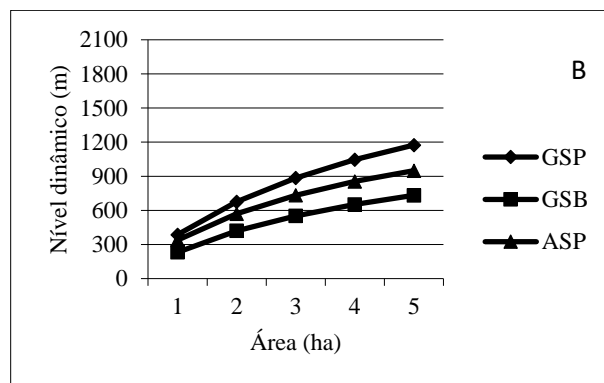
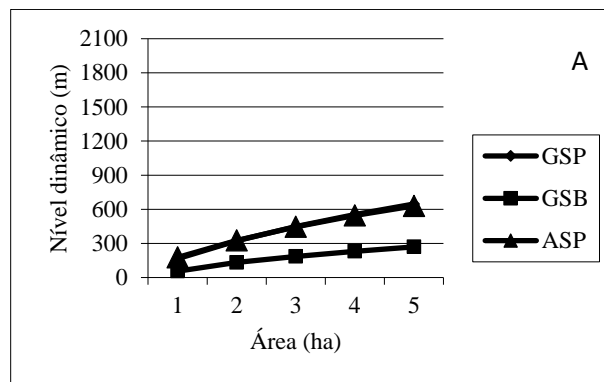
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Análise das Informações Sobre Recursos

Hídricos Subterrâneos no País. 2009.111p.

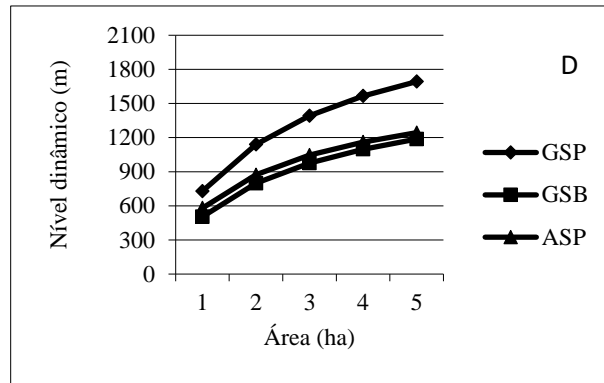
PORTELA, M. G. T.; ARAÚJO, R. L.; BARBOSA, R. P.; ROCHA, D. R. DA; Características Agronômicas do Milho Submetido a Fontes e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. Brazilian Journal of Biosystems Engineering v. 10(3): 248-258, 2016

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL- CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas disponível em <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: 27 jun. 2017.

SOUSA, I. M. DE; ROCHA, D. R. DA; CUNHA, C. S. M.; GONÇALVES, I. C. R.; CASTRO, J. I. A.; Adubação nitrogenada e modos de disponibilização de micronutrientes na produção de milho verde. ACSA, Patos-PB, v.13, n.1, p.15-21, janeiro-março, 2017, ISSN: 1808-6845.







**Figura 1.** Nível dinâmico de poços tubulares para a viabilidade da produção de milho-verde irrigado em função da área do plantio em três sistemas irrigação por gotejamento superficial (GSP), gotejamento subsuperficial (GSB) e aspersão convencional (ASP), variando ciclo de produção por ano 1 ciclo por ano (A), 2 ciclos por ano (B), 3 ciclos por ano (C) e 4 ciclos por ano (D).