



ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA CINZA DE FERTILIZANTE NITROGENADO NO POLO DE PRODUÇÃO DE GRÃOS, PARAGOMINAS – PARÁ, AMAZÔNIA

Douglas Cavalcante Costa^{1} & Lucieta Guerreiro Martorano² & Rubismar Stolf³*

Resumo – Estimativas apontam que até o ano de 2050 o planeta irá presenciar uma crise em quantidade e qualidade hídrica, decorrente principalmente do crescimento populacional nos grandes centros urbanos e do incremento econômico. No Brasil segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2030 a população nacional chegará a 232 milhões de habitantes, indicando comprometimentos em qualidade e disponibilidade de água às populações. Na Amazônia, a partir de 2004 houve uma mudança no perfil agrícola com a expansão da fronteira, principalmente nos estados de Mato Grosso, Maranhão e Pará. Na microrregião nordeste paraense, onde está inserido o município de Paragominas, a agricultura é a atividade mais expressiva, onde a soja (*Glycine max*) e o milho (*Zea may*) são as principais culturas. No ano 2000 a área plantada era de 24.440 hectares, em 2012 passou para 104.924 hectares cultivados com soja e milho. Todavia, o desafio na Amazônia é produzir apontando indicadores de sustentabilidade (econômicos, sociais e ambientais). Assim, objetivou-se neste trabalho estimar a pegada hídrica cinza de composto nitrogenado utilizado na adubação de culturas, para subsidiar ações de planejamento agrícola. No cálculo foram consideradas dosagens recomendadas nas literaturas técnicas e os parâmetros da legislação nacional.

Palavras-Chave – Soja, milho, Amazônia.

WATER FOOTPRINT GRAY ESTIMATE OF NITROGEN FERTILIZER ON GRAIN PRODUCTION POLE, PARAGOMINAS - PARÁ, AMAZON

Abstract – Estimates suggest that by the year 2050 the planet will witness a crisis in quantity and water quality, mainly due to the population growth in urban centers and economic growth. In Brazil, according to data from the United Nations (UN), in 2030 the national population will reach 232 million, indicating impairment in quality and availability of water to the population. In the Amazon, from 2004 there was a change in the agricultural profile with the expansion of the border, mainly in the states of Mato Grosso, Maranhão and Pará. In micro northeast Pará, where the municipality of Paragominas is inserted, agriculture is the most significant activity where soybean (*Glycine max*), corn (*Zea may*) are major crops. In 2000 the planted area was 24,440 hectares in 2012 increased to 104 924 hectares planted with soybeans and corn. However, the challenge in the Amazon is aiming to produce sustainability indicators (economic, social and environmental). Thus, the objective of this study was to estimate the gray water footprint of nitrogen compound used in the fertilization of cultures, to support programs of agricultural planning. In calculating dosages were considered best in the technical literature and the parameters of national law

Keywords – Soybean, maize, Amazon.

¹ Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. E-mail: eng.douglascavalcante@gmail.com.

² Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br.

³ Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. E-mail: rubismar@cca.ufscar.br

* Autor Correspondente.



INTRODUÇÃO

No início do século XX, a população brasileira somava 17 milhões de habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2020 a população deverá ser de 219 milhões e segundo a Organização Nacional das Nações Unidas - ONU em 2030 a população brasileira deverá atingir 232 milhões de habitantes. Esse crescente avanço populacional limitará as condições dos solos para produção de alimentos estimulando cada vez mais o uso de fertilizantes [IBGE (2005); USDA (2004)].

O Brasil ocupa o 4º lugar na avaliação de consumidores de adubos com Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) e o 6º lugar no consumo de adubos nitrogenados. A forte demanda de fertilizantes pode ser explicada pelo aumento do consumo de biocombustíveis, reflexo do alto preço do petróleo; crescimento da renda e mudança de dieta; necessidade de aumento da produtividade e da produção de alimentos [ANDA (2011)].

O aumento do consumo de água tende a elevar-se durante as próximas décadas, decorrente do aumento da população, crescimento econômico, aumento da demanda por produtos agrícolas de uso alimentar e não-alimentar, além de uma mudança nos padrões de consumo por carne e açúcar. [De Fraiture e Wichelns (2010); Falkenmark *et al.* (2009); Shen *et al.* (2008); Strzepek e Boehlert (2010)]. No Brasil, a agricultura é responsável pela incorporação de 70% da água potável na produção de alimentos.

Segundo Ercin e Hoekstra (2014); Bruinsma (2003, 2009); Rosegrant *et al.* (2002, 2009); Alcamo *et al.* (2003), o planeta irá presenciar uma crise alimentar, provocada principalmente pela escassez e poluição do recurso hídrico até o ano de 2050.

O sistema de produção agrícola no polo de grãos de Paragominas que engloba os municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis, Rondon do Pará e Paragominas, passou por profundas transformações, ocorrendo nos últimos 10 anos intensificação da cadeia de produção de soja, sendo que em Paragominas a cultura do milho já estava consolidada antes desse período. Nesse contexto, em 2001, empresas como a JUPARANÃ (empresa de insumos e serviços ligados à produção de grãos), AGRINORTE (concessionária John Deere), além de outras empresas que integram a cadeia produtiva de grãos, se instalam no município, decorrente da expansão agrícola na região [Costa *et al.* (2011)].

Os impactos gerados pela agricultura tem motivado a comunidade científica a buscar diferentes tipos de avaliações, técnicas de manejo agrícola, monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão, por exemplo, dos recursos hídricos.

Uma metodologia que vem sendo aplicada é a avaliação da pegada hídrica desenvolvida por Hoekstra *et al.* (2011) que apresenta-se como uma ferramenta estratégica para o planejamento de ações para mitigação de impactos ambientais em atividades que utilizam água, como é o caso da agricultura. Em se tratando de uso de fertilizando o foco será dado para a pegada hídrica cinza (PHcinza). Esse indicador corresponde ao volume de água necessária para assimilação do poluente emitido em corpos hídricos, de modo que a qualidade da água seja mantida pelo menos nos limites aceitáveis pela legislação nacional.

De Freitas e Chaves (2014), avaliaram a pegada hídrica cinza do fósforo emitida pela ocupação urbana e rural na bacia hidrográfica de Ribeirão Pípiripau. Eles observaram que a



concentração média de fósforo na bacia foi de $0,02\text{mgL}^{-1}$, no qual enquadrou-se nos limites ambientalmente aceitáveis pela legislação CONAMA 357/2005. Mekonnen e Hoekstra (2011), por sua vez, avaliaram os volumes de água necessários para o desenvolvimento de culturas como a soja e o milho e obtiveram valores médios globais de PH_{cinza} de $85\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ para soja e $194\text{m}^3\text{ton}^{-1}$ para milho.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a pegada hídrica cinza total de adubos nitrogenados que são incorporados na cultura de soja e milho no polo de produção de grãos, Paragominas, Pará, Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

A estimativa da pegada hídrica cinza foi realizada com base em fertilizante nitrogenado, empregado no processo de adubação de culturas, considerado como fonte difusa de poluição. Utilizou-se a metodologia de Hoekstra *et al.* (2011), equação 1.

$$\text{PH}_{\text{cinza}} = \frac{(\alpha \cdot \text{TAQ}) / (C_{\text{máx}} - C_{\text{nat}})}{\text{Prtv}} \quad (1)$$

Onde: PH_{cinza} é a pegada hídrica cinza ($\text{m}^3\text{ton}^{-1}$); α é a fração de lixiviação do fertilizante; TAQ é a taxa de aplicação por hectare do composto em campo; $C_{\text{máx}}$ é a concentração máxima aceitável (kgm^{-3}) e a C_{nat} é a concentração natural do poluente no corpo hídrico (kgm^{-3}) e Prtv é a produtividade da cultura (tonha^{-1}).

Atribuiu-se o valor de 10% para a fração de lixiviação, recomendado por Chapagain *et al.* (2006). O valor limite aceitável dos fertilizantes nitrogenados seguiu o padrão da legislação CONAMA 357/2005, classe 3 para águas doces que é de 10mgL^{-1} . Considerou-se o valor 0 (zero) para a concentração natural do poluente no corpo hídrico, pois nesse estudo não houve avaliações, análise e espacialização de corpos hídricos ao entorno das áreas agrícolas.

Os dados relacionados ao avanço da fronteira agrícola de grãos foram extraídos do senso agropecuário, disponível na base do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em uma série histórica de 12 anos (2010 – 2012).

Para verificar os valores totais de pegada hídrica cinza durante os anos de cultivo da soja utilizou-se a equação 2.

$$\text{PHct} = \text{PH}_{\text{cinza}} \cdot \text{QP} \quad (2)$$

Onde: PHct é a pegada hídrica cinza total anual (m^3); PH_{cinza} é a pegada hídrica cinza ($\text{m}^3\text{ton}^{-1}$) e QP é quantidade produzida de soja.

A tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados para a determinação da pegada hídrica cinza do milho e da soja.



Tabela 1 - Parâmetros utilizados nos cálculos da Pegada Hídrica Cinza.

Variáveis	Cultura	
	Milho	Soja
TAQ (kg ha^{-1})	28 de N	22 de N
α	0,1	0,1
$C_{\text{máx}}$ (kg m^{-3})	0,001	0,001
C_{nat} (kg m^{-3})	0	0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de haver recomendações técnicas para o não uso de nitrogênio na cultura da soja devido à capacidade da planta em fixá-lo naturalmente, existem casos de agricultores da região que utilizam o composto NPK com presença de nitrogênio, além de estudos que afirmam que a fixação de N_2 pela soja depende da bactéria que pode ser afetada por muitos fatores do solo como pH, umidade, temperatura, fertilidade, matéria orgânica e níveis de nitrato (N-NO_3), portanto caso a fixação simbiótica de N_2 seja lenta ou interrompida pode haver a necessidade de adubação nitrogenada (Lamond & Wesley, 2001), por isso, como fins de estimativas considerou-se a aplicação de adubo nitrogenado em toda a área cultivada com soja e milho do polo de grãos de Paragominas.

Para a cultura do milho existe a necessidade de adição de nutriente agrícola, o qual pode variar entre 25 a 45 kg ha^{-1} de N. Para soja de alta produtividade a taxa de aplicação estimada de N é de 22 kg ha^{-1} . Porém para haver eutrofização acelerada de rios e lagos, bastam volumes entre 1 e 2 kg ha^{-1} [Gleber (2012), Lamond e Wesley (2001)].

A Figura 1 aponta o avanço da fronteira agrícola de grãos (soja e milho) e os valores de PHcinza ao longo dos anos no polo Paragominas. Verifica-se que em 2012 a área plantada foi de aproximadamente 60.000 hectares de soja e 40.000 milho, os resultados indicam que se houve aplicação de fertilizantes nitrogenados nesse ano a PHcinza total foi de aproximadamente 77.778.800 m^3 para soja e 119.196.000 m^3 para milho, esses valores correspondem a quantidade de água necessária para assimilar o poluente nitrogenado.

O maior entrave para as avaliações da pegada hídrica cinza está ligado principalmente à fonte de dados. Apesar dos padrões de qualidade da água sejam contemplados nas legislações nacionais e estaduais, ainda não existem padrões para todas as substâncias e lugares do Brasil. Portanto é necessário que existam pesquisas e recomendações de quais os melhores valores padrão que devem ser utilizados no cálculo [Hoesktra *et al.* (2011)].

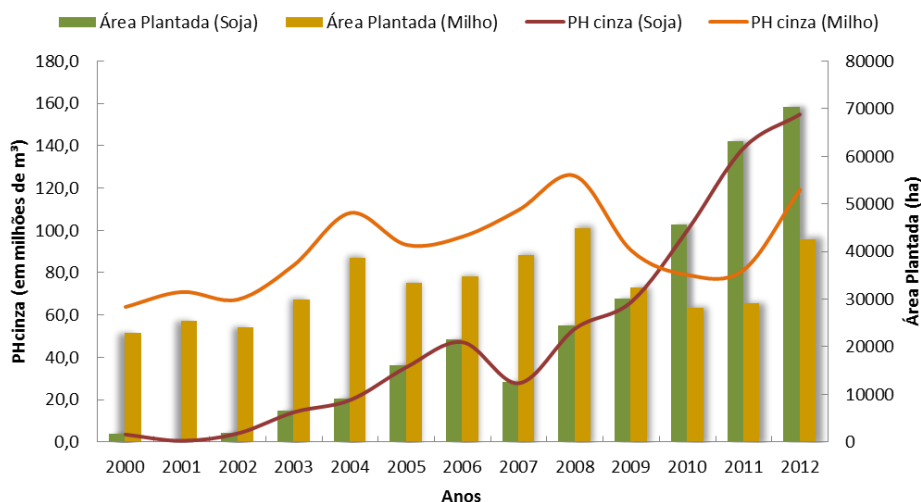


Figura 1 – Estimativa da Pegada Hídrica Cinza e o avanço da fronteira agrícola da soja e milho no Polo Paragominas de grãos.

Outra dificuldade encontrada nos trabalhos de avaliação da pegada hídrica cinza está na quantificação das cargas de poluente lixiviadas para o corpo hídrico. Pois, muitas vezes é necessário que sejam realizados estudos experimentais demorados e custosos, o que dificulta a tomada de decisão dos engenheiros e gestores ambientais, que geralmente precisam de respostas imediatas [De Freitas (2013)].

Segundo Martorano *et al.* (2009) áreas declivosas, margens de rios e topos de morros apresentam alta vulnerabilidade ao processo erosivo e devem cumprir restrições legais vigentes. A adoção de práticas conservacionistas como o sistema plantio direto e sistemas de produção integrados podem surgir como estratégias de redução do arraste de compostos nitrogenados ao corpo hídrico que integram áreas agrícolas.

CONCLUSÃO

As estimativas de pegada hídrica cinza alertam para análises dos padrões de substâncias de qualidade da água devem ser realizadas com mais frequência, principalmente para compostos classificados como Classe I (altamente perigoso ao meio ambiente), exemplo o *Thiametoxan* (Engeo Pleno) fabricado pela Syngenta e largamente utilizado pelos produtores de grãos da Amazônia no combate a lagartas e percevejos que atuam nas suas lavouras.

Ressalta-se que o anseio dos profissionais que buscam a sustentabilidade ambiental na agricultura é a substituição dessas substâncias artificiais por compostos naturais/bio-fertilizantes, além da valorização no uso de técnicas de controle biológico e químico de pragas, que também são estratégias que podem está reduzindo os níveis de pegada hídrica cinza, possibilitando ganho ambiental, social, econômico e maior segurança alimentar para o País.



REFERÊNCIAS

- ANDA. Investimentos no Brasil. Disponível em <<http://www.anda.org.br>>. Acesso em 15 de abril de 2015.
- COSTA, D. C.; MARTORANO, L. G.; EL-HUSNY, J. C.; MARQUES, M. C. (2011) Panorama da cadeia produtiva de Grãos e do Regime Pluvial em Paragominas, Pará. 15º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa, Belém/PA.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama nº 357. Disponível em:< www.mma.conama.gov.br/conama> Acesso em: 06 out. 2014.
- DE FREITAS, S. C. (2013) Estimativa da Pegada Hídrica Cinza ao fósforo na bacia hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (DF/GO). Dissertação de mestrado em ciências florestais. Universidade de Brasília. Brasília – DF.
- LAMOND, R.E.; WESLEY, T.L. (2001). Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. Informações agronômicas, v. 95, p. 6-7.
- DE FRAITURE C.; WICHELNS D. (2010). Satisfying future water demands for agriculture. Agric. Water Manag. 97(4):502–11.
- FALKENMARK M.; ROCKSTRÖM J.; KARLBERG L. (2009). Present and future water requirements for feeding humanity. Food Secur. 1(1):59–69.
- IBGE. Estimativas populacionais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2015.
- SHEN Y.; OKI T.; UTSUMI N.; KANAE S.; HANASAKI N. (2008) Projection of future world water resources under SRES scenarios: water withdrawal/projection des ressources en eau mondiales futures selon les scénarios du RSSE: prélèvement d'eau. Hydrol. Sci. J. 53(1):11–33.
- STRZEPEK K.; BOEHLERT B. (2010) Competition for water for the food system. Phil. Trans. R. Soc. B. 365(1554):2927–40.
- GBLER, L. (2012). Comportamento do Arraste Superficial de Fósforo Reativo por Enxurrada sob Diferentes Coberturas Vegetais na Cultura da Maçã em Regime de Chuvas Simuladas. R. Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 101 -110.
- MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA R. T.; MIELNICZUK, J; COMIRAN, F. (2009). Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397–405, 2009.
- UNITED NATIONS (2004). United Nations Department of Economic and Social Affairs /Population Division. World population in 2030.. NewYork: USDA, 2004.



ALCAMO J.; DÖLL P.; HENRICHS T.; KASPAR F.; LEHNER B.; RÖSCH T. (2003). Global estimates of water withdrawals and availability under current and future “business-as-usual” conditions. *Hydrol. Sci. -J. Sci. Hydrol.* 2003;48(3):339–48.

BRUINSMA J, editor. *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective* (2003). UK, London: Earthscan.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y.; SAVENIJE, H. H. G.; GAUTAM, R. (2006) ‘The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries’, *Ecological Economics*, vol 60, no 1, pp186–203.

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. (2009) *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands. London: Earthscan; 2003.

BRUINSMA J. (2009). *The resource outlook to 2050: by howmuch do land, water and crop yields need to increase by 2050*, expert meeting on how to feed the world by 2050. Rome, Italy 24–26 June 2009.

MEKONNEN M. M.; HOEKSTRA A. Y. (2011) The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol Earth Syst. Sci.*, 15, 1577-1600.

ROSEGRANT M.W.; CAI X.; CLINE S.A. (2002). *Global water outlook to 2025*. Washington, D.C., USA: International Food Policy Research Institute.

ROSEGRANT M.W.; RINGLER C.; ZHU T. (2009). Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annu. Rev. Environ. Resour* 34(1):205–22.

ERCIN A.E.; HOEKSTRA A.Y. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment International* 64 71–82.