

Impacto da agricultura na qualidade da água: uma breve revisão

Marcela Granato Barbosa dos Santos

Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Brasil.
marcelagbsantos@gmail.com

Guilherme Araujo Rocha

Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Brasil.
araujorochaguilherme@gmail.com

Aline Ramos Portella

Engenheira Química, Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Brasil.
portella.arp@gmail.com

RESUMO

O rápido crescimento da produção agrícola brasileira só se torna possível através do uso de insumos agrícolas, tanto mecânicos (maquinário agrícola e tratores) como químicos (pesticidas e fertilizantes). Infelizmente, a intensificação agrícola vem acompanhada de diversas fontes potenciais de degradação dos ecossistemas aquáticos. Com isso, esse trabalho visa apresentar, em forma de revisão bibliográfica, os impactos que os ecossistemas aquáticos brasileiros vêm sofrendo nos últimos anos, sendo de extrema importância para auxiliar os gestores das bacias hidrográficas nas tomadas de decisão, e os produtores na melhor escolha de manejo, preservando assim a qualidade das águas brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: Preservação de Bacias. Manejo Consciente. Agricultura Baixo Impacto.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil contém o maior volume de água doce do mundo. Contudo, este recurso encontra-se ameaçado pelo aumento do consumo e degradação da qualidade da água (MELLO *et al.*, 2020). À medida que as atividades econômicas e a população se expandem e as mudanças climáticas alteram os ciclos hidrológicos, aumentam-se os conflitos sobre os usos múltiplos dos recursos hídricos e a preocupação com o declínio da qualidade das águas (MELLO *et al.*, 2020).

As mudanças de uso e ocupação do solo são conhecidas como a principal causa da degradação da qualidade da água. No entanto, diferentes tipos de uso e ocupação do solo afetam a qualidade da água de maneiras diferentes. O aumento do desmatamento e a expansão agrícola e urbana no Brasil destacam-se como os principais degradadores (MELLO *et al.*, 2020). Estas causam, principalmente, o aumento nas concentrações de nutrientes, temperatura da água e cargas de sedimentos transportados da bacia hidrográfica para o curso d'água (TANIAKI *et al.*, 2017). A degradação da qualidade da água também tem graves consequências econômicas, como aumento dos custos com tratamento de água (CUNHA *et al.*, 2016).

A expansão da agricultura para atender à crescente demanda por alimentos e a produção de biocombustíveis são as principais causas do desmatamento e de mudanças no uso e ocupação do solo, projetadas para aumentar pelo menos 50% até 2050 (DEFRIES e ROSENZWEIG, 2010 e TANIAKI *et al.*, 2017). A expansão da cana-de-açúcar tem uma parcela significativa já que esta é a matéria-prima predominante plantada no território brasileiro para a produção de biocombustíveis, culminando no título de segundo maior produtor de etanol do mundo (TANIAKI *et al.*, 2017).

O Brasil desenvolveu uma agricultura comercial em grande escala, com aumento do reconhecimento mundial. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, o Produto Interno Bruto do Setor Agropecuário deverá crescer em 3,2% em 2021, destacando-se o milho e a soja, com crescimento estimado de 9,1% e 10,5% respectivamente (MAPA, 2020a). Está previsto um aumento de 8% na colheita e um aumento de exportação de 5,8% da soja brasileira e 13% do milho (MAPA, 2020b).

Para alcançar esse patamar, a agricultura brasileira teve que se modernizar, com o uso de insumos tecnológicos produzidos industrialmente, separados em dois tipos básicos de tecnologia, de natureza mecânica, como tratores e máquinas agrícolas, e de natureza química, como adubos minerais, inseticidas, fungicidas e herbicidas (insumos agrícolas) (HOFFMANN, 1992; SOUZA e KHAN, 2001). Alcançando a posição de maior consumidor mundial de pesticidas, representando aproximadamente 20% do total do consumido no mundo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016).

Infelizmente, a intensificação agrícola costuma ser acompanhada por várias fontes potenciais de impactos negativos aos ecossistemas de água doce, como deslocamento e compactação, com o uso de maquinaria pesada, e aplicação de fertilizantes e pesticidas, sendo os mais usados, os herbicidas e os inseticidas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016 e TANIAKI *et al.*, 2017).

Xie e Ringler (2017) projetaram – de acordo com a oferta e demanda de alimentos embasados na população alternativa, crescimento econômico e cenários de mudanças climáticas – a estimativa de descarga de nutrientes oriundos de atividades agrícolas aos corpos d'água mundiais, concluíram que Brasil, China, Índia e Estados Unidos serão responsáveis por mais da metade da carga global de Nitrogênio e Fósforo lixiviados para os cursos d'água até 2050.

Diferentes formas de manejo causam impactos distintos aos cursos d'água, o que torna cada vez mais importante conhecer o impacto causado nas bacias hidrográficas referentes a cada tipo de plantio e manejo. Nesse sentido, mostra-se necessário auxiliar as tomadas de decisão dos gestores das bacias hidrográficas e os produtores, apresentando manejos que venham a causar menor dano aos corpos d'água. Por essa razão, esse estudo trata de uma revisão bibliográfica do impacto na qualidade da água relativa a diversas culturas e manejo.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é realizar uma breve revisão bibliográfica de estudos realizados nos últimos anos a respeito do impacto da agricultura na qualidade da água. Desta forma, espera-se reunir em um documento único informações importantes para serem utilizadas como auxílio aos órgãos gestores de bacias hidrográficas e produtores rurais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo se enquadra na categoria exploratório e descritivo onde foram levantadas informações a partir de artigos existentes em plataformas como Scielo e Elsevier, publicados nos últimos 5 anos. Além disso, também foram discutidas e analisadas as bases teóricas que compõe o tema que se pretendeu estudar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais fatores que explicam os fenômenos da interação entre qualidade da água e uso do solo para fins agrícolas podem ser justificados pelos sistemas de manejo utilizado. A partir disso, é possível avaliar não apenas o impacto na qualidade do corpo hídrico de determinada área, mas também como esse tipo de controle é feito e a influência da cobertura vegetal ou como o desmatamento favorece a degradação daquele meio.

4.1 Sistemas de Manejo

O manejo do solo é o conjunto de práticas aplicadas visando à produção agrícola, que compreende operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização entre outros (LOPES, 2019).

4.1.1 Convencional (Intensivo)

O sistema de preparo convencional é uma prática que trabalha no solo a partir da aração, escarificação e gradagem, fazendo uso de práticas como o cultivo intensivo do solo, uso de fertilizantes químicos, aplicação de pesticidas, monocultura, irrigação e manipulação genética das cultivares. Essa técnica ao longo do tempo tornou-se ultrapassada no plantio, uma vez que, se utilizada da forma incorreta, pode trazer ao solo problemas ligados à degradação física, química e biológica (DE PONTI, RIJK e VAN ITTERSUM, 2012; MANFRE *et al.*, 2019).

Atualmente, as máquinas e implementos utilizados na agricultura estão cada vez maiores e mais pesados. Com o uso frequente desses maquinários nos sistemas produtivos, a pressão do solo aumentou, resultando na aceleração da compactação e diminuição da produtividade das culturas, quando associada ao uso inadequado de acordo com as condições de umidade do solo das culturas (CORTEZ *et al.*, 2017; FERRARI *et al.*, 2018). A compactação do solo é definida pelo aumento da densidade do solo, altos valores de resistência do solo à penetração, redução da infiltração de água, distribuição e tamanho de poros no solo e pela diminuição de difusão dos gases e disponibilidade de nutrientes (VALADÃO *et al.*, 2015).

A erosão hídrica pode ocorrer concomitantemente à compactação do solo, uma vez que é formada pelo movimento da água sobre a superfície do terreno na qual não consegue ser infiltrada, tornando-se, assim, perdida. A erosão se manifesta de diferentes formas, desde laminar, em que se percebe a remoção mais homogênea, em toda a superfície, de pequena camada do solo, até as suas formas mais severas, em sulcos, podendo evoluir para voçorocas (EMBRAPA, 2020a).

Entretanto, o manejo convencional ainda pode causar danos ecológicos de alto impacto para a área de produção, como a perda de fertilidade; alteração na disponibilidade de nutrientes com a redução da matéria orgânica; e a contaminação de corpos d'água por meio da lixiviação de compostos sintéticos (PONISIO *et al.*, 2014).

4.1.2 Cultivo Reduzido

Refere-se à redução de uma ou mais operações do preparo do solo, quando comparado ao sistema convencional. A gradagem pesada pode realizar em uma única operação todas as operações de preparo do solo. Generalizando, pode-se dizer que neste sistema as limitações são as mesmas apresentadas no sistema convencional (SILVA, 2019).

Porém, o sistema reduzido oferece maiores problemas relacionados a perdas de solo, originadas pela compactação do solo devido às rodas dos tratores e em seguida a grade que deixa a superfície muito pulverizada, pois sua ação é mais superficial que a do arado (FERNÁNDEZ, 2016; SILVA, 2019). Quando empregados outros métodos, este sistema apresenta-se como intermediário entre o preparo convencional e plantio direto no que diz respeito à erosão do solo.

4.1.3 Plantio Direto

O manejo do tipo plantio direto surgiu em meados da década de 1970 sendo empregado majoritariamente em lavouras de grãos (MANFRE *et al.*, 2019). Suas áreas de cultivo vêm aumentando consideravelmente em razão dos benefícios proporcionados (DIAS *et al.*, 2015). Estudos têm evidenciado que a adoção desse manejo, em substituição ao preparo convencional, contribui para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Deste modo, pode-se justificar tal melhora devido à aplicação de palhada de plantas vivas e mortas sobre o solo, que contribuem para a redução da erosão, minimizando as perdas de água a partir da evaporação, solo e nutrientes, além de promover o acúmulo de material orgânico na superfície do solo e redução das emissões de gases de efeito estufa (FAVARATO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017; COLOMBO *et al.*, 2017).

Apesar de possuir diversos fatores que proporcionem o melhor uso da terra e também a produtividade para o produtor, o plantio direto apresenta algumas limitações que devem ser levadas em consideração. O controle de invasoras é realizado, normalmente, com o uso de herbicidas e por isso, áreas com grandes infestações podem ter um controle dificultado e mais oneroso (CERETTA e AITA, 2010). Dessa maneira, o excesso de herbicida sobre o solo pode trazer diversos problemas relacionados à maior resistência de doenças e pragas e contaminação do solo, da água e do lençol freático (DORES *et al.*, 2006).

4.1.4 Agroflorestais

É uma forma de uso do solo que combina, em uma mesma área e em um determinado tempo, o cultivo de elementos perenes, semi-perenes, elementos de ciclo curto e também elementos eventuais (criação de animais) (EMBRAPA, 2020b).

A partir da implantação dos sistemas agroflorestais, problemas relacionados à erosão do solo podem ser minimizados, uma vez que a aplicação do sistema apresente combinação deliberada de plantas lenhosas, culturas agrícolas e/ou animais, em arranjo sequencial ou espacial, que resultem em benefícios ao solo, como no controle da erosão, no aporte da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, além de diversificar a produção da propriedade agrícola (PEREIRA *et al.*, 2006).

Outro fator de extrema relevância para adoção do sistema de produção agroflorestal é a redução significativa tanto na necessidade de aporte de fertilizantes sintéticos quanto no uso de pesticidas. Uma vez que o próprio sistema possui capacidade autorregulatória, este consegue suprir suas demandas nutricionais e evitar a incidência de pragas.

Santos *et al.* (2019) demonstraram a partir de diversos estudos de caso que com este sistema, através da restauração do ciclo hidrológico e conseqüentemente a regularização das chuvas, é possível restaurar nascentes d'água extintas, recuperar o solo por inserção de matéria orgânica a partir da serrapilheira. Lôbo *et al.* (2021) enfatizam que a transição para sistemas agroflorestais proporciona o aumento da biodiversidade e fertilidade do solo, o controle da erosão e assoreamento além da regulação do ciclo hidrológico.

Como fator limitante, o manejo do sistema agroflorestal pode classificar-se como a forma mais complexa de operação do sistema. Isso se dá pelo simples fato de realizar a prática de cobertura de solo, diversificação de culturas e informações sobre a sucessão natural, ecologia

das espécies e aquelas referentes às especificidades locais. Dentre os demais fatores citados, o que se pode destacar é a realização constante de podas a fim de evitar a competição entre as espécies de interesse com as plantas daninhas. Em fases mais avançadas do sistema, a concentração de matéria orgânica em espécies selecionadas, poderá ser a diretriz do manejo (SIQUEIRA *et al.*, 2015).

Os manejos que podem se familiarizar com o agroflorestal são os Agroextrativista e também a integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Esses tipos de manejos chegam a diferenciar-se entre si, mas apresentam soluções próximas aos objetivos do sistema agroflorestal. Em ambos os manejos, ocorre a valorização da conservação e sustentabilidade do meio ambiente, buscando uma forma econômica e viável para todos os setores da agricultura.

4.2 Impactos na Qualidade da Água

A agricultura exerce grande influência no ciclo hidrológico natural das bacias hidrográficas, isso ocorre pela utilização de grande quantidade de água e contribuição na poluição difusa (MALLMANN, 2018). O solo é um recurso natural básico e possui funções importantes como armazenamento, escoamento e infiltração da água na superfície e a produção de alimentos. A sua degradação pode ocorrer por diversos fenômenos como a utilização inadequada de tecnologias, falta de práticas de conservação do solo, a destruição da cobertura vegetal, entre outros. Com a utilização dos solos degradados podem ocorrer diversos problemas para a agricultura, como, assoreamento de cursos d'água, desertificação, arenização, e outros, com isso nota-se que os solos também estão ligados à qualidade e conservação das águas e preservação de seus nutrientes (MALLMANN, 2018)

Áreas com uso predominantemente agrícolas apresentam uma qualidade da água diferente da de outros tipos de uso e ocupação do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Em relação às áreas agrícolas, áreas com irrigação mecanizada apresentam qualidade da água distinta das áreas não irrigadas (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Contudo, Oliveira *et al.* (2017) encontraram em seu estudo para o Médio São Francisco uma qualidade da água semelhante em pontos irrigados e não irrigados, justificados pela alta capacidade de autodepuração do rio São Francisco. Já Britto *et al.* (2020) encontraram, para áreas irrigadas do Baixo São Francisco, a agricultura irrigada como uma fonte potencial de contaminação da qualidade da água, apresentando valores elevados de salinidade, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio e DBO. Observando, ainda, pontos de eutrofização causados pelo manejo da cultura do arroz, em virtude do uso indiscriminado de fertilizantes a base de nitrogênio e fósforo (BRITTO *et al.*, 2020).

A agricultura intensiva de cana-de-açúcar contribui para aumentar os teores de nutrientes nos cursos d'água tropicais. A produção de cana-de-açúcar requer gestão intensiva da terra, incluindo fertilização do solo e o uso de maquinário pesado, que são conhecidos por aumentar a erosão do solo e cargas de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água (TANIAKI *et al.*, 2017).

Com o manejo intensivo da cana-de-açúcar ocorre uma diminuição da condutividade e concentração de oxigênio dissolvido no rio com drenagem predominantemente nos campos de cana-de-açúcar (TANIAKI *et al.*, 2017 e MARTINELLI e FILOSO, 2008). As concentrações de nitrato e sólidos suspensos foram de até quatro vezes maior na cana-de-açúcar quando

comparadas a área de pastagem e a temperatura da água se apresentou menor (TANIAKI *et al.*, 2017). As elevadas concentrações de sedimentos finos em suspensão são um fator de estresse para organismos aquáticos e as altas concentrações de nutrientes podem causar eutrofização de água doce, sendo ainda considerados tóxicos ao ecossistema aquático os altos níveis de nitrato (CAMARGO *et al.*, 2005). Queiroz *et al.* (2018), encontraram níveis tróficos elevados, que podem estar relacionados com a interferência dos cultivos de cana-de-açúcar. Os níveis de oxigênio dissolvido não afetam apenas a composição da água doce, mas também a capacidade do ecossistema de processar nutrientes. A redução significativa da temperatura da água, após a conversão de pastagens em lavouras de cana-de-açúcar, pode estar associada ao aumento do albedo da fase de cultivo da cana (TANIAKI *et al.*, 2017).

Em relação à horticultura familiar, a de melhor conservação dos recursos naturais (especialmente a qualidade da água) é o manejo orgânico, que apresenta melhor desempenho ambiental que o manejo convencional, levando-se em consideração aspectos físico-químicos, biológicos, poluição visual e potencial de contaminação por pesticidas (RODRIGUES, 2003).

Aguiar *et al.*, (2014) estudaram o efeito da agricultura tradicional familiar, no estado do Pará, em relação à qualidade da água. Neste estudo observou-se que esta área apresenta valores acima do nível estabelecido em norma. A principal característica foi a elevação nos níveis de cor verdadeira, que pode estar relacionado ao contato da água com materiais orgânicos decompostos e pelo carreamento de compostos durante os períodos de chuva, devido à falta de cobertura vegetal nas margens. Já que a coloração adquirida pelos corpos d'água é resultado da lixiviação de compostos oriundos da decomposição vegetal (SIOLI, 1976).

Em uma micro bacia com atividade econômica limitada à agricultura e pecuária, Queiroz *et al.* (2010) encontraram uma qualidade da água boa em relação aos parâmetros físico-químicos. Tal resultado comprova os benefícios do manejo adequado do solo, com práticas de plantio direto e sistemas de terraços, que proporciona a contenção e infiltração das águas da chuva, resultando em diminuição do arraste de sedimentos e nutrientes para os corpos d'água.

As práticas que seguem após a retirada da vegetação natural tendem a produzir intensas e prolongadas degradações da qualidade da água, principalmente as que não levam em conta as práticas conservacionistas, por outro lado, a cobertura florestal é fundamental para a manutenção do abastecimento de água de boa qualidade, a vegetação promove a proteção contra erosão do solo, sedimentação e lixiviação de nutrientes (SOPPER, 1975).

Além disso, o monitoramento constante da qualidade dos corpos hídricos se torna um instrumento indispensável para controle e tomada de decisões preventivas quanto ao uso e ocupação do solo.

Andrade *et al.* (2020) sugerem o uso de bioindicadores como, por exemplo, o índice biótico BMWP, que utiliza macroinvertebrados bentônicos para a caracterização da qualidade da água, como forma de controle das perturbações no ambiente aquático em decorrência da variação na composição hídrica. Negrão *et al.* (2021) concluem que o biomonitoramento da Bacia do Rio Cascavel (PR) a partir da análise de amostras de plantas macrófitas se mostrou eficaz na avaliação ambiental dos impactos causados pela ocupação agrícola, agropecuária e urbana na região.

4.3 Alteração da Cobertura Florestal

O aumento do desmatamento com a finalidade de tornar as terras agricultáveis gera grandes impactos aos cursos d'água. A retirada da vegetação natural gera impactos em diferentes escalas espaciais. Em escala local, ocorre a erosão do canal e das margens, causando mudanças na largura e profundidade do rio, aumento de temperatura da água e produtividade de fluxo, diminuição na complexidade do habitat (PAULA *et al.*, 2017). Em escalas mais amplas, a alteração da cobertura vegetal afeta a hidrologia e a qualidade da água, aumentando as concentrações de nutrientes e carbono orgânico dissolvido e sedimentos suspensos (PAULA *et al.*, 2017). A cobertura florestal causa a redução no uso de fertilizantes orgânicos, inorgânicos e pesticidas, redução nos processos de erosão e entradas de sedimentos e benefícios gerais para a qualidade da água resultante da capacidade de filtragem, ou tamponamento das áreas ribeirinhas e áreas úmidas. Sendo, deste modo, vital para manter a qualidade da água e a saúde de todo o ecossistema aquático (CUNHA *et al.*, 2016).

Ferreira *et al.*, (2019) projetaram a mudança na qualidade da água da Bacia hidrográfica do rio Tietê em 2070 e, de forma geral, o cenário de desmatamento aumentou a quantidade de água nos cursos d'água. Analisando a conversão de florestas em terras agrícolas, isso pode ser explicado pela redução da evapotranspiração, consequência da remoção das espécies arbóreas e/ou conversão por espécies herbáceas com menor transpiração (SCHLESINGER e JASECHKO, 2014 e FERREIRA *et al.*, 2019). Contudo, é importante perceber que o aumento na quantidade de água não necessariamente se traduz em um aumento na disponibilidade de água. Água com má qualidade é, na verdade, menos disponível para consumo, a menos que seja tratada antes do consumo (FERREIRA *et al.*, 2019).

O cenário de reflorestamento, por outro lado, diminui a quantidade de água na bacia, contudo, tem o potencial de aumentar a disponibilidade de água através do aumento da qualidade da água na maior parte da bacia, amortecendo os efeitos da diminuição generalizada da quantidade de água. Assim, obtêm-se, o aumento da disponibilidade de água como o maior benefício do reflorestamento, uma estratégia para melhorar os serviços ecossistêmicos relacionados à água (FERREIRA *et al.*, 2019).

5 CONCLUSÃO

O principal responsável pela degradação da qualidade da água é o manejo inadequado. A adoção de práticas conservacionistas é de fundamental importância para a minimização dos efeitos adversos sobre a qualidade dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento contínuo permite um controle mais efetivo e até mesmo preventivo no tocante às ações de preservação das bacias hidrográficas. Todavia, ainda existem lacunas na literatura que demonstrem de forma mais clara a relação de causalidade na melhoria da qualidade da água com o uso de técnicas conservacionistas. Sendo assim, é de grande importância que pesquisas nesse sentido sejam ainda mais exploradas.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. P. O. D., PELEJA, J. R. P., & SOUSA, K. N. S. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura

nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista árvore**, 38(6), 983-992, 2014.

ALBUQUERQUE, A.F., RIBEIRO, J.S., KUMMROW, F., NOGUEIRA, A.J.A., MONTAGNER, C.C., UMBUZEIRO, G.A. Pesticides in Brazilian freshwaters: a critical review. **Environ. Sci. J. Integr. Environ. Res.: Processes & Impacts** 18, 779–787, 2016. <https://doi.org/10.1039/c6em00268d>

ANDRADE, M. H. DA S.; FREITAS, S. C. DE; ELEUTÉRIO, A. DOS S. Qualidade Ecológica Da Água: Monitoramento Com Bioindicadores E Análise Do Uso E Ocupação Da Terra Em Uma Bacia Hidrográfica Urbana / Ecological Water Quality: Monitoring With Bioindicators and Analysis of Land Use and Occupation in an Urban Watershed. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88187–88200, 2020.

BRITTO, FÁBIO BRANDÃO et al. Técnicas estatísticas para análise da qualidade da água em áreas irrigadas no baixo Rio São Francisco. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 192-203, 2020.

CAMARGO, J.A., ALONSO, A., SALAMANCA, A. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. **Chemosphere** 58:1255–1267, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.044>

CERETTA, C.A.; AITA, C. **Manejo e conservação do solo**. Universidade Federal de Santa Maria- Centro de Ciências Rurais- Curso de graduação tecnológica em agricultura familiar e sustentabilidade a distância. 5ª edição, 2010.

COLOMBO, G. A.; LOPES, M. B. S.; DOTTO, M. C.; CAMPESTRINI, R.; DE OLIVEIRA LIMA, S. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Campo Digital**, v. 12, n. 1, 2017.

CORTEZ, J. W.; MAUAD, M.; SOUZA, L. C. F.; RUFINO, M. V.; SOUZA, P. H. N. Atributos agronômicos da soja e resistência à penetração em plantio direto e escarificado. **Revista Engenharia Agrícola** v. 37, n. 1, 2017.

CUNHA, D. G. F., SABOGAL-PAZ, L. P., & DODDS, W. K. Land use influence on raw surface water quality and treatment costs for drinking supply in São Paulo State (Brazil). **Ecological Engineering**, 94, 516–524, 2016. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.06.063

DE PONTI, T., RIJK, B. AND VAN ITTERSUM, M. K. 'The crop yield gap between organic and conventional agriculture', **Agricultural Systems**. Elsevier Ltd, v. 108, p. 1–9, 2012.

DE QUEIROZ, M. M. F., IOST, C., GOMES, S. D, BOAS, M. A. V. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, 5(4), 200-210, 2010.

DEFRIES, R., & ROSENZWEIG, C. Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 107(46), 19627–19632, 2010. doi:10.1073/pnas.1011163107

DIAS, M. J.; ALVES, S.F.; FIALHO, E. R.; GOMES, D. O. Probabilidade de ocorrência dos atributos químicos em um latossolo sob plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, 2015.

DORES, E.F. G. C., NAVICKIENE, S., CUNHA, M. L. F., CARBO, L., RIBEIRO, M. L., & FREIRE, E. M. L. Multiresidue determination of herbicides in environmental waters from Primavera do Leste Region (Middle West of Brazil) by SPE-GC-NPD. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v.17 n.5, p. 866-873, 2006.

EMBRAPA. Preparo Convencional Do Solo. Disponível em: < <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br> > Acessado em outubro de 2020a.

EMBRAPA. SISTEMA AGROFLORESTAL. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/sistema-de-producao/sistema-agroflorestal>> Acessado em outubro de 2020b.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; DE SOUZA, C. M.; GUARÇONI, R. C. Atributos Químicos Do Solo Sobre Diferentes Plantas De Cobertura No Sistema Plantio Direto Orgânico. **Brazilian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 5, n. 2, 2015.

FERRARI, J. M. S.; GABRIEL, C. P. C., SILVA, T. B. G.; MOTA, F. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A., TANAKA, E. M. Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 12, n. 2, p. 164-175, 2018.

FERREIRA, P., VAN SOESBERGEN, A., MULLIGAN, M., FREITAS, M., e VALE, M. M. Can forests buffer negative impacts of land-use and climate changes on water ecosystem services? The case of a Brazilian megalopolis. **Science of The Total Environment**, 2019. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.065

HOFFMANN, R.. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 30, n. 4., p.271-290, 1992

LÔBO, R. L. DE L.; SIQUEIRA, T. M. de V.; MARTINS, E. S.; DE LIMA, A. S. T.; DA CUNHA, A. C. M. C. M. Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas / Agroforestry systems in the recovery of degraded areas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38127–38142, 2021.

LOPES, M. C. **Qualidade da água de represas artificiais do Córrego da Olaria pindorama – SP: perspectivas para o controle e manejo do solo e da água para usos múltiplos**. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.

MALLMANN, E. H. **Influência do Uso e Manejo do Solo sobre a Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Lajeado Pratos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2018.

MANFRE, E.R.; FARIA, A.F.; SANTOS, A.O.; MARTINS, E.A.; MACENA, F.C. O sistema de plantio direto na produção de milho: a importância das plantas de cobertura em lavouras. *In: Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio- XI Sntagro*, 2019.

MARTINELLI, L.A., FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecol. Appl.** 18:885–898, 2008. <http://dx.doi.org/10.1890/07-1813.1>.

MELLO, K. DE, TANIWAKI, R. H., PAULA, F. R. DE, VALENTE, R. A., RANDHIR, T. O., MACEDO, D. R., ... HUGHES, R. M. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. **Journal of Environmental Management**, 270, 110879, 2020. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110879

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), PIB agropecuário em 2021 deve ter crescimento de 3,2%, diz Ipea. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/pib-agropecuaria-em-2021-deve-ter-crescimento-de-3-2-projeta-ipea>>. Acesso em outubro de 2020

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), Produção brasileira de grãos deve aumentar 8%, chegando a 278 milhões de toneladas. Disponível em <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-brasileira-de-graos-deve-aumentar-8-chegando-a-278-milhoes-de-toneladas>>. Acessado em outubro de 2020.

NEGRÃO, G. N., OLIVEIRA, B. H. M., & BUTIK, M. Monitoramento ambiental de metais pesados em macrófita aquática pela análise de Espectrometria de Absorção Atômica – AAS na Bacia do Rio Cascavel, Guarapuava, PR. **Revista Geoaraguaia**, 11(1), 338-354, 2021.

OLIVEIRA, D.M.S.; LIMA, R.P.; VERBURG, E.E.J. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos suíno. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.3, p.280–285, 2015.

OLIVEIRA, S. C., AMARAL, R. C., ALMEIDA, K. C. D. B., & PINTO, C. C. Qualidade das águas superficiais do Médio São Francisco após a implantação dos perímetros irrigados de Gorutuba/Lagoa Grande e Jaiba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 22(4), 711-721, 2017.

PAULA, F. R. DE, GERHARD, P., FERRAZ, S. F. DE B., & WENGER, S. J. Multi-scale assessment of forest cover in an agricultural landscape of Southeastern Brazil: Implications for management and conservation of stream habitat and water quality. **Ecological Indicators**, 85, 1181–1191, 2018. doi:10.1016/j.ecolind.2017.11.061

PEREIRA, J.P.; LEAL, A.C.; RAMOS, A.L.M. Sistemas Agroflorestais com Seringueira. *In: Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável/* editores Antonio Carlos da Gama-Rodrigues, Nairam Felix de Barros, Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues... [etal.], - Campos dos Goytacazes, RJ : Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 365p.

PONISIO, L. C., M'GONIGLE, L. K., MACE, K. C., PALOMINO, J., DE VALPINE, P., & KREMEN, C. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. **Proc. R. Soc. B**, 2014.

QUEIROZ, T. M., DE OLIVEIRA, J. R., & MARCHETTO, M. Qualidade ambiental em afluentes de cabeceira do Rio Paraguai sob influência de agricultura e urbanização. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 9(8), 82-92, 2018.

RODRIGUES, G. S., CAMPANHOLA, C., VALARINI, P. J., DE QUEIROZ, J. F., FRIGHETTO, R. T. S., RAMOS FILHO, L. O., ... & DE TOLEDO, L. G. Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural. **Embrapa Meio Ambiente-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E), 2003.

SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.; ROQUE C. G. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2017.

SANTOS, C. R. S. et al. Agroflorestas Sintrópicas: Tecnologia baseada nos processos naturais de sucessão das florestas, auxiliando na evolução socioambiental descentralizada por meio da alta produção de alimentos agroecológicos; do saneamento ecológico; da inclusão social por me. XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL Amazônia: espaço de luta, inovação e tecnologia, 2019.

SCHLESINGER, W.H., JASECHKO, S. Transpiration in the global water cycle. **Agric. For. Meteorol.** 189-190, 115-117, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.01.011>

SILVA, L.C. **Susceptibilidade à compactação de um latossolo vermelho amarelo submetido a um sistema de cultivo mínimo**. Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental, 2019.

SIOLI, H. A limnologia na região amazônica brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE LIMNOLOGIA, PISCICULTURA E PESCA CONTINENTAL, 1, 1976, Belo Horizonte.

SIQUEIRA, E.R.; SIQUEIRA, P.Z.R.; FONTES, M.A.; RABANAL, J.E.M. Sistemas agroflorestais sucessionais. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015. Aracaju – SE. 19 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517- 1329; 190).

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.4, n.1, p.24-9, 1975.

SOUZA, R.F; KHAN, A. Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. V.39, n.2, 2001

TANIWAKI, R. H., CASSIANO, C. C., FILOSO, S., FERRAZ, S. F. DE B., CAMARGO, P. B. DE, & MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of The Total Environment**, 584-585, 339-347, 2017. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.12.150

VALADÃO, F. C. ASSIS; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.

XIE, HUA; RINGLER, CLAUDIA. Agricultural nutrient loadings to the freshwater environment: the role of climate change and socioeconomic change. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 10, p. 104008, 2017.