
Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani

Trabalho de Graduação

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”

FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS PARA
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

MAÍZA DE LIMA BUENO

PROFA. ORIENTADORA ROSE MARIA DUDA

JABOTICABAL, S.P.

2023

MAÍZA DE LIMA BUENO

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS PARA
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

Orientadora: profa. Dra. Rose Maria Duda

JABOTICABAL, S.P.

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Bueno. Maíza de Lima

Utilização de sistemas de wetlands construídos para tratamento de águas / Maíza de Lima Bueno.— Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2023.

Orientadora: Rose Maria Duda

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, Ano de conclusão do curso: 2023

1. Cyperus Papyrus. 2. Macrófitas. 3. Papiro. 4. Qualidade da água. 5. Remoção de nutrientes. Duda, R. M. II. Utilização de sistemas de wetlands construídos para tratamento de águas

MAÍZA DE LIMA BUENO

TÍTULO DO TG: Utilização de sistemas de wetlands construídos para tratamento de águas

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Orientadora: Rose Maria Duda

Data da apresentação e aprovação: 06/06/2023.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Dra. Rose Maria Duda

Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Nádia Figueiredo de Paula

Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jorge Otávio Silva Nunes

Unesp de Jaboticabal

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jaboticabal – SP – Brasil

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Marlene e minha irmã Ana Júlia.

À minha orientadora professora Rose Maria Duda;

À banca avaliadora, professores Rose, Nádia e Jorge.

À Fatec-JB, aos gestores, professores, funcionários.

Agradeço primeiramente a força superior que me guia e protege, em especial a minha mãe Marlene e minha irmã Ana Júlia pelo apoio e compreensão das quais sempre tiveram comigo, em memória a Luzia minha avó de coração pelas suas palavras de incentivo, e com maior amor as minhas filhas pets Luna e Vênus pela companhia. Agradeço imensamente a professora Rose quem acreditou em meu projeto, do qual surgiu após uma de suas aulas sobre saneamento ambiental, e aceitou me orientar, sempre solícita e disposta a me ajudar. E toda minha admiração e agradecimentos ao Centro Paula Souza pelas oportunidades que me foram proporcionadas, pela titulação acadêmica com educação de qualidade, pela bolsa de iniciação em desenvolvimento tecnológico e inovação e pela bolsa de intercâmbio cultural, oportunidades essas que contribuirão para meu crescimento profissional e pessoal, me fazendo acreditar que o conhecimento são degraus para níveis mais elevados de consciência.

BUENO, Maíza de Lima. **Utilização de sistemas de wetlands construídos para tratamento de águas**. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 32 p. 2023.

RESUMO

A conservação da qualidade da água dos rios é de extrema importância. A área agrícola no Brasil é extensa, e o uso de variados fertilizantes podem causar diversos problemas ambientais impactando diretamente a qualidade dos rios. Caso não ocorra o manejo correto do solo, pode ocorrer a lixiviação dos compostos orgânicos, causando assoreamento, eutrofização e mudança na biota aquática. Para minimizar os impactos em áreas de predomínio agrícola ou remediar rios que não tem suas protetoras matas ciliares, propõe-se o estudo de um cinturão de proteção no leito dos rios, seguindo a observação de áreas alagadas, utilizando como eco tecnologia o sistema de wetlands, ou alagados construídos. Os wetlands fazem a função de biofiltro desses aportes, principalmente de nutrientes, antes de chegarem em contato com água do rio. A macrófita escolhida para a pesquisa foi o Cyperus Papyrus nome popular Papiro, por ser uma macrófita emergente bem adaptável as situações adversas de climas e em toda região brasileira. Portanto, o objetivo deste trabalho foi a realização do tratamento das águas de um rio urbano da cidade de Jaboticabal (Córrego Cerradinho), utilizando Wetlands construídos com a macrófita “Papiro”, e testar sua capacidade de remoção dos aportes de nitrogênio e fósforo. Foram observados valores de N-am. e ortofosfato na água do rio acima dos valores permitidos pela Legislação. Já os valores de nitrito e nitrato, na maior parte do experimento estavam dentro do permitido. Foram observados remoções de ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato nos wetlands utilizando o papiro, indicando que o uso desses sistemas podem ser uma alternativa viável para a melhoria da qualidade da água.

Palavras-chave: Cyperus Papyrus. Macrófitas. Papiro. Qualidade da água. Remoção de nutrientes.

BUENO, Maíza de Lima. **Use of constructed wetland systems for water treatment.** Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 32 p. 2023.

ABSTRACT

The conservation of water quality in rivers is extremely important. The agricultural area in Brazil is extensive, and the use of different fertilizers can cause several environmental problems, directly impacting the quality of rivers. If the soil is not properly managed, leaching of organic compounds may occur, causing siltation, eutrophication and changes in the aquatic biota. In order to minimize the impacts in areas of agricultural predominance or remedy rivers that do not have their protective riparian forests, it is proposed the study of a protection belt in the riverbeds, following the observation of flooded areas, using the wetlands system as eco technology, or constructed wetlands. The wetlands act as a biofilter for these inputs, mainly nutrients, before they come into contact with river water. The macrophyte chosen for the research was *Cyperus Papyrus*, popular name Papyrus, as it is an emerging macrophyte and well adaptable to adverse climate situations and throughout the Brazilian region. Therefore, the objective of this work was to carry out the treatment of the waters of an urban river in the city of Jaboticabal (Córrego Cerradinho), using Wetlands constructed with the macrotape “Papiro”, and to test its capacity to remove nitrogen and phosphorus inputs. N-am values were observed. and orthophosphate in river water above the values allowed by law. The values of nitrite and nitrate, in most part of the experiment, were within the allowed limits. Removals of orthophosphate, ammoniacal nitrogen, nitrite and nitrate were observed in wetlands using papyrus, indicating that the use of these systems can be a viable alternative for improving water quality.

Keywords: *Cyperus Papyrus*. Macrophytes. Papyrus. Water quality. Nutrient removal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Construção dos Wetlands, com pedra brita e areia	21
Figura 2	Mini papiro (<i>Cyperus papyrus</i> var. <i>Nanus</i>), antes do plantio nos wetlands.	22
Figura 3	Wetlands construídos utilizando o mini papiro (<i>Cyperus papyrus</i> var. <i>Nanus</i>).	23
Figura 4	Valores de ortofostato no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L	25
Figura 5	Valores de nitrogênio amoniacal no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L.	26
Figura 6	Ciclo do nitrogênio na água (BOSCHILIA, 2014)	27
Figura 7	Valores de nitrito no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L	28
Figura 8	Valores de nitrato no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L.	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2. OBJETIVO.....	20
3. JUSTIFICATIVA.....	200
4. METODOLOGIA	211
REFERÊNCIAS	30
APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE	32

1 INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Embrapa (2022), o Brasil encontra-se em posição privilegiada em abundância de terra para agricultura e água disponível em quase todo território nacional. O setor do agronegócio nos últimos anos vem se tornando destaque em tecnologia e profissionalismo, com participação de 27,4% no produto interno brasileiro, sendo um dos mais significativos e em crescente expansão em mercados internacionais.

A expansão do agronegócio também pode proporcionar impactos ambientais aos sistemas naturais, no que se diz respeito a qualidade da água. A água proporciona o crescimento e o desenvolvimento principalmente ao setor do agronegócio, mas está totalmente dependente de ações humanas para a sua manutenção. O setor agrícola por obrigatoriedade do código florestal, mantém em suas terras partes reservadas à Reserva Legal, além da proteção das matas ciliares visto a importância dessa vegetação para manutenção e conservação dos rios e que trazem benefícios aos proprietários das terras. As matas ciliares funcionam como obstáculos naturais evitando assoreamento dos rios, absorvendo e retendo grande parte da água em suas margens e leitos, e são de extrema importância para o equilíbrio e proteção do transporte dos resíduos de fertilizantes da agricultura (GOMES, 2005).

Os proprietários que restauram suas áreas de matas ciliares conforme o Código Florestal, Lei Nº 12.651, de 12 de maio de 2012, tem benefícios financeiros pelo Pagamento de Serviços Ambientais (PSA), Lei Nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021. Podendo também os recursos financeiros advirem de potenciais fontes como: orçamento público, empresas privadas, compensação ambiental, cooperação internacional e geração de créditos de carbono.

No Brasil a agricultura é o setor que mais consome água doce, aproximadamente 70% segundo o Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), além de utilizar 19% de todo defensivo agrícola produzido no mundo inteiro segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (OLIVEIRA, 2016). Os defensivos agrícolas se dispersam facilmente no ambiente atingindo o solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, sendo sua utilização a segunda maior causa de contaminação de águas dos rios no Brasil.

Os rios do Brasil sofrem de maneira geral ações antrópicas vindas do meio urbano e rural. E frequentemente recebem aportes de resíduos orgânicos advindos do meio urbano, como lançamentos diretos de esgotos residências, águas residuais de indústrias diferentes formas de poluição, além do manejo incorreto das águas pluviais, onde se misturam em muitos casos com esgotos domésticos, elevando os custos para o tratamento nas estações de tratamento de esgoto. Mesmo assim as águas residuais dos meios urbanos são consideradas problemas pontuais, fáceis de serem resolvidos, uma vez que seja realizada a coleta e canalização do esgoto para um mesmo ponto de tratamento antes do lançamento em corpos hídricos. Já as águas residuais do meio rural, como as advindas do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, ocorrem de forma difusa e são mais difíceis a contenção e o tratamento dessas águas residuais, o que causam sérios problemas de cunho ambiental, principalmente à qualidade da água.

Os resíduos de fertilizantes, contribuem para diversos problemas de maneira direta. Os centros urbanos, por exemplo, arcam com os custos quando captam águas nos rios que foram poluídos pelo meio rural, visto que ainda não possuímos métodos eficazes para remover poluentes emergentes, nas estações de tratamento de água e esgoto.

Segundo dados do Ministério da Saúde no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, mais de 1.300 cidades apresentam resíduos de agroquímicos em águas que são distribuídas para a população. Ao entrar em contato com a água acontece reações químicas entre os compostos dos resíduos, causando transformações no processo químicos e microbiológicos produzindo outros compostos chamados de subprodutos (PENATTI, 2015).

Também podem ocorrer distúrbios na vida aquática, com aportes em excesso de nutrientes como o N (nitrogênio) e o P (fósforo), presentes nas formulações dos fertilizantes químicos, que causam o fenômeno de eutrofização nos corpos hídricos, podendo ocorrer floração de algas tóxicas e comprometer a qualidade ao abastecimento público.

O Brasil detém aproximadamente de 13% de toda água doce potável do planeta, e pensando na manutenção da qualidade da água para consumo, além do seu uso para fins econômicos, o meio rural deve se responsabilizar de forma efetiva por sua parcela na degradação dos corpos hídricos. Portanto, o desenvolvimento desse projeto teve como finalidade o estudo da eficácia da macrófita emergente *Cyperus Papyrus* nome popular PAPIRO, na remoção de nutrientes de águas de um rio.

O papiro é uma planta aquática e trata-se da erva daninha mais difundida no mundo, seu talo pode atingir até 6 metros de comprimento. O papiro é muito importante na história da evolução da humanidade, considerada sagrada e que cresce abundante nas regiões pantanosas nas margens do rio Nilo no Egito, foi usada pelos egípcios para a fabricação do primeiro papel. Esse papel auxiliou as escritas do império e o progresso, sendo um dos maiores legados da época faraônica à civilização (LIMA; AZEREDO, 2006). Além das folhas de papiro ter seu valor místico associada ao rei Sol, eram também consideradas de grande valor econômico associadas a realeza, onde quem as adquiriam eram os ricos, e comumente se vendiam os rolos de papel de papiro aos gregos e romanos onde as vendas eram controladas pelos governantes egípcios. O miolo do talo do papiro era usado na fabricação para o papel, e sua casca após seca por ser resistente era utilizada na fabricação de cestos, sandálias, camas e até mesmo barcos (PASSOS, 1982).

O papiro, conhecido desde 2.400 AC, pode ser considerado como o precursor do papel. Sua obtenção consistia em separar as fibras da planta de papiro, entrelaçá-las manualmente e comprimir esse entrelaçado até obter uma folha (SUCHSLAND e JANKOWSKY, 1978).

O papiro é uma planta aquática emergente adaptável, que podem viver sem água permanente como também submersas na água. E normalmente crescem em áreas úmidas e possuem importância na qualidade e quantidade das águas naturais, favorecendo a utilização dos Wetlands construídos. A família Cyperaceae possui cerca de 682 espécies nativas em todo Brasil, na região Sul e Sudeste são 296 espécies sendo 154 no bioma Pampa e 253 no bioma Mata Atlântica (SILVEIRA, F.F Flora Compestre, 2020).

Os “Wetlands” construídos, que imitam áreas alagadas naturais, foram desenvolvidos inicialmente por volta de 1950 na Europa e na América do Norte, para explorar a capacidade das plantas na biodegradação de compostos orgânicos e inorgânicos presentes em efluentes (COOPER *et al.*, 1996).

Com o intuito de melhorar na qualidade e preservação na manutenção dos corpos hídricos, dos quais o cinturão biofiltrante terá a importância de recuperação da mata ciliar inicial e áreas degradadas, diminuindo assim os aportes de resíduos agrícolas aos rios, podemos ainda destacar o uso de seu resíduo para geração de produtos de uso nobre, assim gerando valor econômico, social e ambiental com a aplicação dessa biotecnologia.

Sendo assim o uso da matéria residuária da manutenção das áreas do cinturão biofiltrante de papiro, pode trazer diversos benefícios socioambientais, podendo ser fonte renovável de produtos necessários, do qual pode trazer grandes benefícios ao meio ambiente. Também podemos destacar o uso da planta papiro com seu potencial energético para geração de bioenergia.

Seu valor agregado pode se tornar fonte financeira de renda aos proprietários que além de protegerem suas áreas e corpos hídricos, poderão haver interações com nichos de novos negócios e geração de empregos verdes, usando os resíduos da planta papiro para fabricação de produtos sanitários femininos sustentáveis, como exemplo.

Os primeiros registros de absorventes são do Egito, onde proteções internas eram feitas de papiro processado, pensando nisso o professor Moses Musaazi em Uganda criou o MakaPad, um absorvente higiênico feminino fabricado com produtos baratos e disponíveis localmente. Os Makapads são feitos com fibras de papiro e resíduos de papel, que são então batidas, secos e amaciado sem usar eletricidade. Para secar, o papel é colocado em molduras cobertas de malha expostas ao sol (IRIN, 2010). A utilização da biomassa do papiro para fabricação sustentável de absorventes, trará ainda mais benefícios na manutenção da qualidade dos corpos hídricos, visto que por questões sanitárias e tecnológicas, o absorvente não pode ser reciclado em muitos países, o que revela uma preocupação em relação à sua disposição final.

Uma publicação da organização Zero Waste Europe (2019) traz que os principais destinos para produtos menstruais são os aterros sanitários e a incineração. Existe ainda o problema da destinação incorreta: segundo a Comissão Europeia (2017) produtos menstruais (incluindo absorventes internos, externos, toalhas, entre outros) ocupam a 5ª posição entre os dez produtos de plástico de uso único mais encontrados nos mares da Europa.

Os componentes plásticos são responsáveis pela contaminação ambiental em razão do seu acúmulo em lixões a céu aberto, aterros ou oceanos, o que afeta diretamente a biodiversidade, sabendo que a maioria dos componentes do absorvente são plásticos e que estes demoram mais de 400 anos para se decomporem (SOUZA, 2022).

Os produtos descartáveis possuem muitos componentes, tornando a sua separação muito complexa ou impossível. A composição do absorvente interno e externo são de polímeros sintéticos e naturais, sendo apenas 14,3% dos componentes do absorvente externo descartável são suscetíveis à biodegradação.

Essa porcentagem representa a celulose que é um polímero natural biodegradável e está presente tanto na sua forma natural como em parte, no papel siliconado. O PP, PE e os adesivos termoplásticos são polímeros sintéticos que possuem baixa biodegradabilidade podendo persistir no ambiente durante décadas. O absorvente externo descartável possui também só um material proveniente de fontes renováveis que representam 14,3% de todos os materiais, os outros materiais são os polímeros derivados do petróleo (JAYASEKARA, R. et al., 2005).

O material vegetal do papiro também demonstrou ter potencial como combustível doméstico na forma de briquetes da biomassa, inovações mais recentes na produção em pequena escala com briquetes de carvão de papiro, desenvolvido pelo projeto ‘‘Fuel From the Fields’’ no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Morrison et al., 2013). As vantagens em que os briquetes de papiro tem em relação ao carvão natural são as menores taxas de emissões atmosféricas de gases poluentes, além de que sistemas de papiro são potencialmente grandes sumidouros de carbono quando aplicadas em campo, podendo ainda esses gerar renda associadas à venda de créditos de carbono.

Conforme definido pela Avaliação do Ecossistema do Milênio (2005), os mais significativos dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas zonas úmidas de papiro são: sumidouros de carbono, tratamento de águas residuais, controle de inundações e como reserva da biodiversidade.

2. OBJETIVO

Pesquisar a viabilidade da planta papiro (Cyperus Papyrus var. Nanus) cultivado em Wetlands construídos na remoção de nitrogênio e fósforo da água do rio urbano, Corregó Cerradinho, da cidade de Jaboticabal, as amostras foram coletadas no ponto das coordenadas de latitude 21°16'36.87''S e longitude 48°20'07.55''O.

3. JUSTIFICATIVA

A planta papiro tem um crescimento rápido podendo assim ser usadas em locais para remediações rápidas em áreas eutrofizadas, onde se tenha uso intenso da agricultura. Portanto, o cultivo do papiro em wetlands construídos, poderá trazer informações importantes sobre a remoção de nutrientes das águas e posteriormente poderá ser aplicado nas margens dos rios, servindo de cinturão filtrante para que possa reduzir exponencialmente esses aportes as águas.

O papiro se implementado em larga escala pode trazer vantagens econômicas aos produtores, com aproveitamento de seu resíduo na totalidade, como por exemplo a fabricação de briquetes caloríficos para a geração de bioenergia, além de demais utilizações.

4. METODOLOGIA

4.1 Estrutura do experimento

Para a realização do projeto de pesquisa foram utilizados 04 recipientes de 10 L (W1, W2, W3 e W4). Nos recipientes foram constituídos um filtro físico estruturado composto por uma camada de 5 cm de brita nº 2, uma camada de 5 cm de areia e uma lâmina d'água (Figura 1).

Figura 1 – Construção dos Wetlands, com pedra brita e areia.



Na base dos recipientes foram instaladas uma torneira para a coleta do efluente. A areia foi peneirada para retirar impurezas e posteriormente foi lavada com água potável. As pedras britas também foram lavadas.

Cada recipiente recebeu uma muda de papiro (Cyperus Papyrus var. Nanus). O mini papiro(Cyperus papyrus var. Nanus), das quais foram adquiridas na propriedade “Chácara Flora”. As plantas também passaram pela lavagem para retirada do solo, ficando somente suas raízes (Figura 2).

Figura 2 - Mini papiro (Cyperus papyrus var. Nanus), antes do plantio nos wetlands.



Após o plantio do mini papiro nos wetlands, os mesmos passaram por um período de tempo se desenvolvendo, para que assim se deu o completo enraizamento de todas as plantas e então foi possível o monitoramento periódico da qualidade da água dos wetlands, onde as plantas do mini papiro passaram pela quarentena vegetal de trinta dias até receber a primeira amostra de água colhida do Córrego Cerradinho de Jaboticabal.

4.2 Operação dos wetlands construídos

Os sistemas foram operados em batelada. Os recipientes W1 e W3 receberam o volume de 1,5 e 3,0 L da água do rio a cada 7 dias, respectivamente. Os recipientes W2 e W4 receberam o volume de 1,5 e 3,0 L de água da torneira, respectivamente, que serviram como controle (Figura 3).

Figura 3 - Wetlands construídos utilizando o mini papiro (*Cyperus papyrus* var. *Nanus*).



A água do rio foi coletada semanalmente e caracterizada, para ser utilizada nos wetlands.

4.3 Monitorização dos wetlands construídos

Na tabela 1 estão apresentados os exames físicos e as determinações químicas que serão executadas nas amostras dos afluentes e dos efluentes dos wetlands, bem como as frequências e as fontes das metodologias.

Tabela 1 Exames e determinações, frequência e fontes das metodologias utilizadas.

EXAMES E DETERMINAÇÕES	FREQUÊNCIA	REFERÊNCIAS
Afluente e efluentes		
Nitrito	Quinzenalmente	(APHA; AWWA; WPCF, 2005)
Nitrogênio amoniacal	Quinzenalmente	(APHA; AWWA; WPCF, 2005) (Método Semi-Micro Kjeldahl)
Nitrato	Quinzenalmente	(APHA; AWWA; WPCF, 2005)
Ortofosfato	Quinzenalmente	(APHA; AWWA; WPCF, 2005)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ortofosfato

Os valores de ortofosfato observados na água do rio e da torneira a 8 mg L^{-1} . Observou-se que com o desenvolvimento das plantas uma maior remoção de ortofosfato nos Wetlands, mesmo com as variações na água do rio e potável (Figura 4 A e B). Não esperava-se obter ortofosfato na água potável. No entanto essa água estava armazenada em uma caixa da água e servia para a irrigação das plantas de uma estufa. Nesse armazenamento, pode ter ocorrido alguma contaminação, o que proporcionou valores de ortofosfato nessa água.

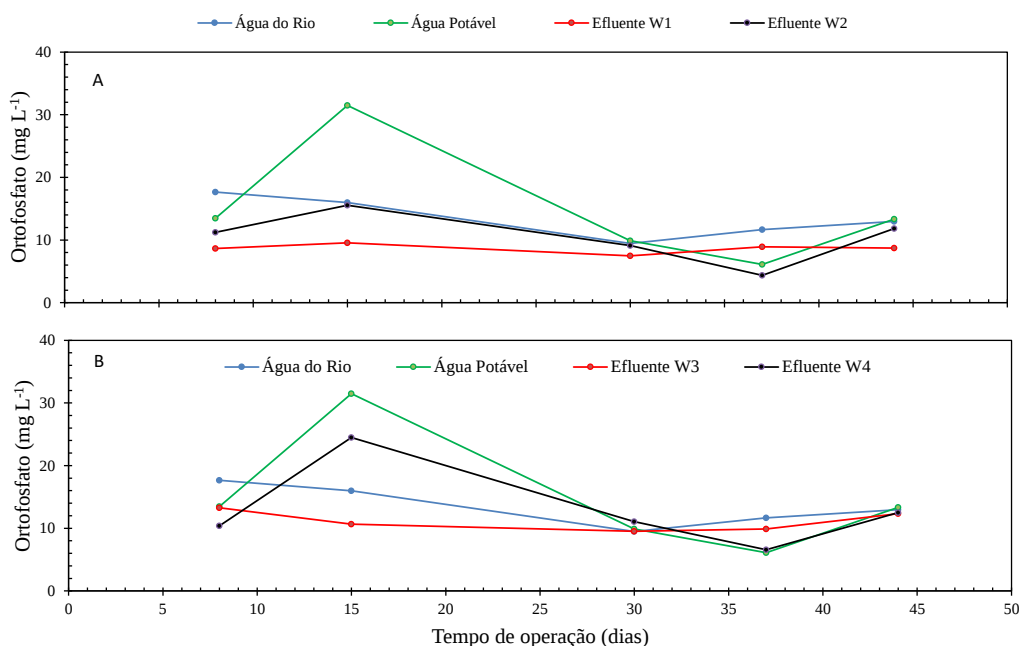
O aparecimento do fósforo em amostras de água pode ter diversas origens antrópicas, como é o caso de descargas de esgotos. Juntamente com o esgoto, também são lançados detergentes superfosfatados amplamente usados no ambiente doméstico (VALLE JÚNIOR et al., 2010).

Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combinam com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os ortofosfatos são biodisponíveis e uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água; entretanto, não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados por bactérias para ortofosfatos (CETESB, 2010).

Embora a CONAMA 357/2015 não mencione os valores máximos permitidos para ortofosfato, mas ela parametriza os valores para fósforo total. Os valores máximos permitidos para fósforo total em água doce em ambientes lóticos, classe 2 e 3 é de no máximo 0,1 e 0,15 mg L^{-1} . Como o ortofosfato é uma fração do fósforo total, pode-se inferir que os valores observados na água do rio estão acima do permitido.

Durante o tempo de realização do experimento não foram observadas diferenças consideráveis com o aumento do volume aplicado de 1,5 para 3,0 L (Figura 4A e 4 B).

Figura 4 – Valores de ortofostato no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L.



5.2 Nitrogênio Amoniacal

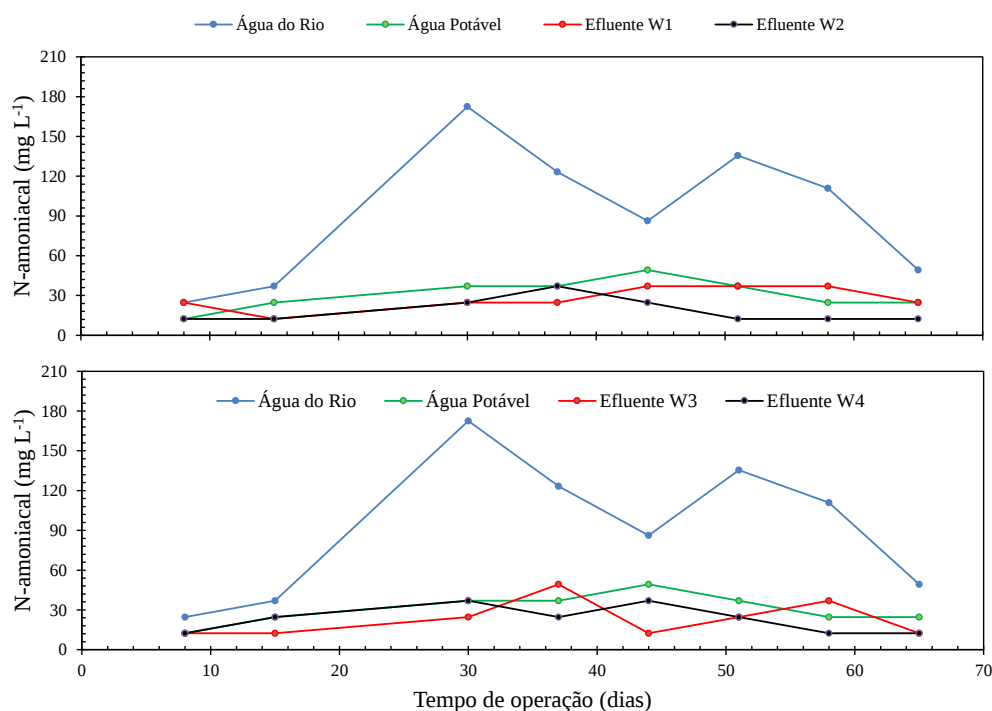
As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, em virtude da presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo; se prevalecerem o nitrito e o nitrato, denota que as descargas de esgotos se encontram distantes (CETESB, 2010).

Na figura 5 estão apresentados os valores de Nitrogênio amoniacal (N-am.) nos afluentes e efluentes dos Wetlands.

Os maiores valores de N-am. foram observados na água do córrego, com concentrações de até 180 mg L^{-1} (Figura 5 A). Os valores de N-am. na água do rio foram muito superiores aos limites estabelecidos pela CONAMA 357 (2015), de $13,3 \text{ mg L}^{-1}$ para águas de rios classe 3, com pH inferior a 7,5 (Tabela 2). Também foi observado N-am. na água potável, e isto indica a contaminação dessa água no armazenamento temporário, como descrito para o ortofosfato. O nitrogênio amoniacal é o composto de nitrogênio mais tóxico para peixes e outros seres aquáticos.

Figura 5 – Valores de nitrogênio amoniacal no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L.



Nos efluentes dos Wetlands as concentrações foram reduzidas para valores próximos as 30 mg L^{-1} , independente do volume aplicado (1,5 ou 3,0 L). Isto indica que as plantas de papiro contribuíram para a remoção do N-am. e a microbiota que provavelmente se desenvolveu nos wetlands, podem provocar a conversão em nitrito e nitrato (Figura 6).

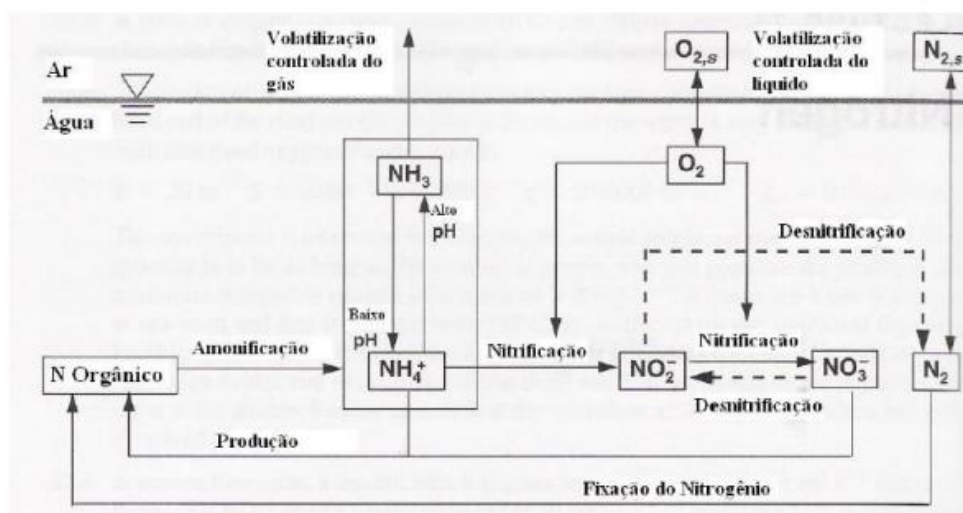
Tabela 2 – Enquadramento dos corpos d'água e respectivos limites das formas nitrogenadas (CONAMA 357/05 apud BOSCHILIA, 2014).

Classe do corpo receptor	Forma nitrogenada	Concentração máxima permitida
Classe I - Águas Doces	Nitrato	10 mg/L N
	Nitrito	1 mg/L N
	Nitrogênio amoniacal total	3,7 mg/L N, para pH < 7,5
		2,0 mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0
		1,0 mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5
		0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Classe II - Águas Doces	Nitrato	10 mg/L N
	Nitrito	1 mg/L N
	Nitrogênio amoniacal total	3,7 mg/L N, para pH < 7,5
		2,0 mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0
		1,0 mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5
		0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Classe III - Águas Doces	Nitrato	10 mg/L N
	Nitrito	1 mg/L N
	Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH < 7,5
		5,6 mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0
		2,2 mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5
		1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Classe IV - Águas Doces	Não possui restrição de lançamento.	
Classe Especial	É vedado o lançamento de efluentes ou resíduos, mesmo tratados.	

5.2 Nitrito e nitrato

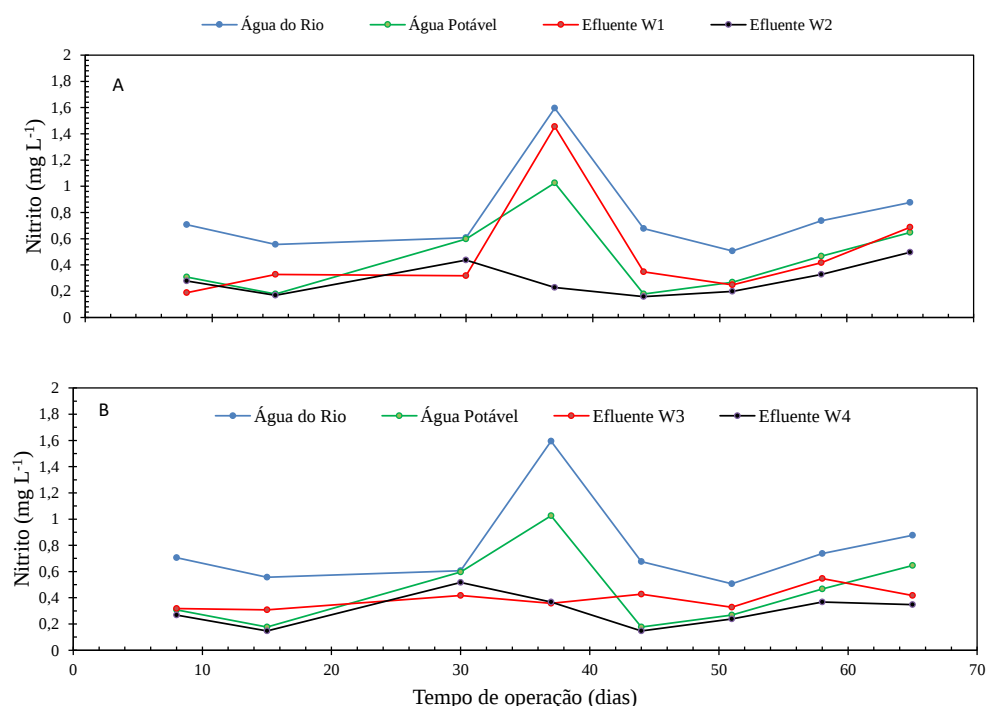
Há uma grande variedade de processos biológicos que convertem formas inorgânicas do nitrogênio para compostos orgânicos que se tornam fontes de reserva para células e tecidos das plantas. As duas formas de nitrogênio geralmente utilizadas pelas plantas são a amônia e o nitrato. A amônia por ser mais reduzida energeticamente do que o nitrato se tornando fonte preferencial (BOSCHILIA, 2014).

Figura 6 – Ciclo do nitrogênio na água (BOSCHILIA, 2014).



Os maiores valores de nitrito e nitrato foram observados na água do rio, com valores de até $1,7 \text{ mg L}^{-1}$ (Figuras 7 e 8). No entanto os valores de nitrito e nitrato na maior parte do experimento foi inferior a $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ e 10 mg L^{-1} atendendo a CONAMA 357/05 para rios de classe 1, 2 e 3 (Tabela 2). Foi observado o decréscimo de nitrito e nitrato nos wetlands.

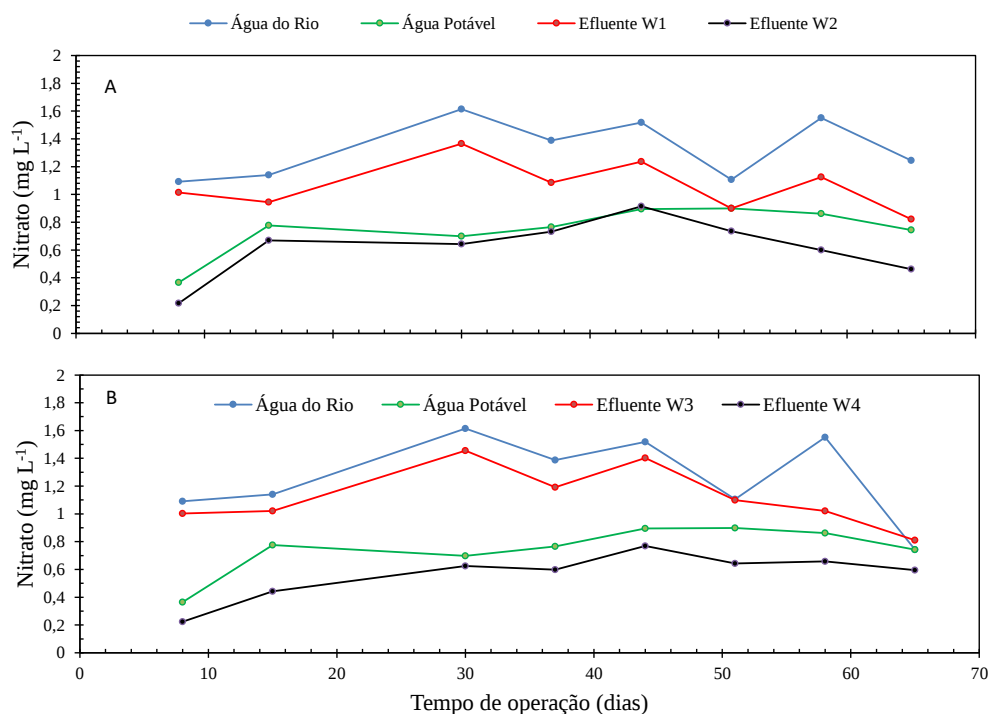
Figura 7 – Valores de nitrito no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L



Conforme descrito anteriormente os valores superiores de N-am. podem indicar ação antrópica, pois o córrego Cerradinho, é um corpo da água urbano.

Os nitratos são tóxicos, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato reduz-se a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul). Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo 10 mg/L o valor máximo permitido pela Portaria 888/2021.

Figura 8 – Valores de nitrato no afluente e efluentes dos Wetlands (W1 e W3 – água do rio e W2 e W4 – água da torneira). A: Recebeu o volume de 1,5 L e B: Recebeu o volume de 3,0 L.



6. CONCLUSÃO

Foram observados valores de N-am. e ortofosfato na água do rio urbano acima dos valores permitidos pela Legislação. Já os valores de nitrito e nitrato, na maior parte do experimento estavam dentro do permitido. Foram observadas remoções de ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato nos wetlands utilizando o papiro, indicando que os usos desses sistemas pode ser uma alternativa viável para a melhoria da qualidade da água. No entanto, existe a necessidade de buscar alternativas para a prevenção da poluição do córrego e uso das plantas excedentes.

Conclui-se que a aplicação de cinturões biofiltrantes com a planta papiro, poderia trazer benefícios na retenção de nutrientes nos leitos dos corpos hídricos, assim auxiliando a manutenção da qualidade e quantidade, chegando assim aos centros urbanos com cargas menores desses poluentes emergentes, facilitando o tratamento convencional de água, podendo assim ser mais eficaz na remoção desses nutrientes dos quais em excesso trazem grandes impactos negativos no meio ambiental e para a saúde pública coletiva.

REFERÊNCIAS

BOSCHILIA, O. M. **Taxas de remoção de nitrogênio amoniacal, nitrato e NTK por salvinia herzogii de la sota em wetland construído tipo lagoa.** 2014. Trabalho de Conclusão. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Câmpus Londrina. Curso Superior de Engenharia Ambiental. 50 f., 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/11910/3/LD_COEAM_2014_1_19.pdf>. Acesso em 30/05/2023.

CETESB – Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 2010. Disponível em: [Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf](http://cetesb.sp.gov.br) (cetesb.sp.gov.br). Acessado em 30/05/23.

COOPER P.F., JOB G.F., GREEN M.B., SHUTES R.B.E. Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment. Swindon, UK: **Water Research Centre Publications**, 154 p., 1996.

EMBRAPA. **Lavouras são apenas 7,6% do Brasil, segundo a NASA.** Disponível em: Acesso em 25/05/22.

JAYASEKARA, R. et al., Biodegradability of a selected range of polymers and Polymer blends and standard methods for assessment of biodegradation. **Journal of Polymers and the Environment**, V. 13, p. 231-251, 2005.

LIMA, I. C. D.; AZEREDO, R. A Evolução do Livro Escrito. SAPIENTIA-CESAT-PIO XII-UNICES em revista, v. 5, p. 40– 43, 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MORRISON EHJ, BANZAERT A, UPTON C, PACINI N, POKORNY J, HARPER DM (2014) Biomass briquettes: a novel incentive for managing papyrus wetlands sustainably? **Wetlands Ecology and Management**, 22, 129–141.

OLIVEIRA, K. M. DE. Controle sanitário de agrotóxicos no Brasil: o caso do Metamidofós. **Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário**, v. 5, n. 2, p.159–175, 2016.

PASSOS. **Design e vida : uma perspectiva sobre uma evolução.** Faculdade de Arquitectura e Artes Mestrado em Design. [s.l.] UNIVERSIDADE LUSÍADA LISBOA, 2010.

PENATTI, F. E. **Determinação dos potenciais toxicológicos em organismos aquáticos de resíduos de misturas de solventes orgânicos utilizados em laboratórios.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2015.

SILVEIRA, F.F Flora Campestre, 2020. Laboratório de Estudos em Vegetação Campestre – UFRGS. Disponível em <https://www.ufrgs.br/floracampestre/familia-cyperaceae/>. Acesso em : 25/05/2023

SOUZA, Maria Gabriela **Miranda Percepções acerca do uso dos absorventes convencionais descartáveis e absorventes ecológicos de pano** / - 2022. 44 f. : il. color.

SUCHSLAND, O.; JANKOWSKY, I.P. A produção de lâminas de madeira por desenrolamento. **Revista da Madeira**, São Paulo, v.321, p.7-12, 1978.

"Uganda: Sanitary Project Changes Refugees' Lives." IRIN Africa (2010). <https://www.thenewhumanitarian.org/report/88359/uganda-sanitary-pad-project-changes-refugees-lives>. Acesso em: 25/05/2023

VALLE JÚNIOR et al., Ortofosfato como parâmetro indicador de qualidade da água em diferentes pontos de coleta na bacia do rio Uberaba. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010.

ZERO WASTE EUROPE. The Environmental & Economic Costs Of Single-Use Menstrual Products, Baby Nappies & Wet Wipes: Investigating The Impact Of These Single-Use Items Across Europe. 2019 < Zero Waste Europe - The environmental & economic costs of single-use menstrual products, baby nappies & wet wipes > Acesso Maio 2023.

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

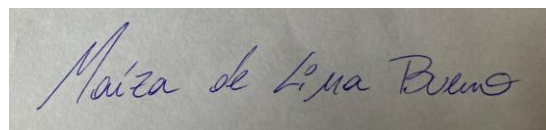
TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Maíza de Lima Bueno, RG ●●●●●●●●, CPF ●●●●●●●●●●, aluna regularmente matriculada no **Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental**, da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), declaro que meu trabalho de graduação intitulado Utilização de Sistemas de Wetlands Construídos para Tratamento de Águas é **ORIGINAL**.

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, 06 de junho de 2023



Maíza de Lima Bueno