

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MÁRCIO JOSÉ LORD DE FREITAS**

**ESTUDO DA PRECISÃO E DA ACURACIDADE DO ESPECTROFOTÔMETRO  
MULTIPARÂMETROS *PASTEL UV*<sup>®</sup> SECOMAM NA ANÁLISE DOS  
PARÂMETROS DBO E NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

**São Gabriel**

**2017**

**MÁRCIO JOSÉ LORD DE FREITAS**

**ESTUDO DA PRECISÃO E DA ACURACIDADE DO ESPECTROFOTÔMETRO  
MULTIPARÂMETROS *PASTEL UV*<sup>®</sup> SECOMAM NA ANÁLISE DOS  
PARÂMETROS DBO E NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação *Strictu Sensu* em Ciências  
Biológicas da Universidade Federal do Pampa,  
como requisito parcial para obtenção do Título  
de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Filipe de Carvalho Victoria

Coorientador: André Carlos Cruz Copetti

**São Gabriel**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

F862e Freitas, Márcio José Lord de

Estudo da precisão e da acuracidade do espectrofotômetro  
multiparâmetros PASTEL UV<sup>®</sup> SECOMAM na análise dos parâmetros DBO e NO<sub>3</sub>-/  
Márcio José Lord de Freitas.

61p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM  
CIENCIAS BIOLOGICAS, 2017.

"Orientação: Filipe de Carvalho Victoria".

1. Análise alternativa. 2. Qualidade de Água. 3. DBO. 4. UV – visível. I.  
Título.

**MÁRCIO JOSÉ LORD DE FREITAS**

**ESTUDO DA PRECISÃO E DA ACURACIDADE DO ESPECTROFOTÔMETRO  
MULTIPARÂMETROS *PASTEL UV*<sup>®</sup> SECOMAM NA ANÁLISE DOS  
PARÂMETROS DBO E NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação *Strictu Sensu* em Ciências  
Biológicas da Universidade Federal do Pampa,  
como requisito parcial para obtenção do Título  
de Mestre em Ciências Biológicas.

Dissertação defendida e aprovada em: 23 de junho de 2017.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. André Carlos Cruz Copetti

Co-Orientador

Unipampa

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Margéli Pereira Albuquerque

INCT-APA

---

Prof. Dr. Rafael Cabral Cruz

Unipampa

Dedico este trabalho aqueles que nunca mediram esforços em apoiar e me incentivar, o meu pai José Nunes de Freitas e minha mãe Lorena Lord de Freitas (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus pela constante presença em minha vida, dando-me forças para continuar, iluminando minhas escolhas e abençoando meus caminhos.

Aos meus queridos e amados pais, José e Lorena (*in memoriam*) pelo exemplo de vida, educação, amor, humildade, incentivo e por acreditarem em meus sonhos.

Aos meus irmãos Jorge e Marcos, pela amizade verdadeira, apoio e incentivo à buscar meus objetivos e a minha cunhada Clair Ferreira de Freitas pelo carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Filipe de Carvalho Victoria, pela confiança, ensinamentos, oportunidade de orientação, sugestões e apoio, além da amizade construída.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Andre Carlos Cruz Copetti pelos ensinamentos, sugestões, apoio, paciência e atenção, além da amizade construída desde a minha graduação.

A Embrapa Pecuária Sul, através do Projeto Alto Camaquã, e ao pesquisador Dr. Marcos Flávio Silva Borba pela disponibilidade do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> possibilitando assim a realização deste estudo.

Ao Professor Frederico Costa Beber Viera pela disponibilidade do Laboratório Solos e Ecologia Florestal, também agradeço aos membros do referido laboratório, em especial a técnica Rosângela Gonçalves Nunes e ao colega Alisson Deloss pela atenção, apoio e ajuda sempre que precisei.

Aos técnicos (as) do Laboratório de Química, em especial a Daiane Balconi, Michele Stach e Giovani Serratti, pelo auxílio sempre que necessário.

A minha querida e amada esposa Karine, pelo carinho, amor, incentivo, confiança, por dividir os dias de sua vida comigo e ser a luz que ilumina meus passos.

Muito obrigado.

“Qualquer destruição que aparecer na história humana será devida aos homens, e não a Deus”.

Gênesis 9: 8-17

## RESUMO

A qualidade da água vem sendo alterada devido a diversas ações. Assim, tornam-se essenciais as informações para a compreensão dos processos ambientais e, em particular, dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos no decorrer da bacia hidrográfica. Diversos parâmetros podem ser avaliados com relação aos aspectos físico-químico da água. Tais parâmetros identificam e quantificam os teores e tipos de elementos presentes em uma amostra e possibilitam a associação com os efeitos no meio ambiente. O uso de métodos tradicionais para determinação de contaminantes em água demanda de técnicas, procedimentos laboratoriais específicos, tempo e uso considerável de reagentes químicos para a exata quantificação dos contaminantes presentes. Nesse sentido, surge um equipamento capaz de realizar a análise in loco sem o uso de reagentes. Este trabalho visa estudar a aplicação, uso, a precisão e acurácia do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> para análises de água e efluentes para as medidas de: DBO e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, através da comparação com resultados obtidos pelos métodos tradicionais de avaliação destes parâmetros. Apesar da simplicidade o equipamento mostrou-se eficiente e confiável na determinação rápida dos parâmetros estudados. O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> mostrou-se eficiente, podendo ser utilizado em campanhas de monitoramento de água em locais remotos e no momento que ocorre a contaminação.

Palavras-Chave: Análise alternativa; Qualidade das Águas; DBO; UV- visível.

## ABSTRACT

The quality of the water has been altered due to several actions. Thus, information for the understanding of environmental processes and, in particular, of water bodies in relation to anthropogenic impacts along the river basin becomes essential. Several parameters can be evaluated with respect to the physical-chemical aspects of water. These parameters identify and quantify the contents and types of elements present in a sample and allow the association with the effects on the environment. The use of traditional methods to determine contaminants in water requires techniques, specific laboratory procedures, time and considerable use of chemical reagents for the exact quantification of contaminants present. In this sense, an equipment capable of carrying out the analysis in loco without the use of reagents appears. This work aims to study the application, use, precision and accuracy of the PASTEL UV® spectrophotometer for analysis of water and effluents for the measurements of: BOD and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, by comparison with results obtained by the traditional methods of evaluation of these parameters. Despite the simplicity, the equipment proved to be efficient and reliable in the rapid determination of the studied parameters. The PASTEL UV® spectrophotometer proved to be efficient and can be used in water monitoring campaigns at remote sites and at the time of contamination.

Keywords: Alternative analysis; Water quality; BOD; UV-visible.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhe da absorção espectral na região do ultravioleta-visível.....	20
Figura 2- Estrutura básica do sistema óptico utilizado pelos espectrofotômetros.....	22
Figura 3 - Detalhe do espectrofotômetro PASTEL UV <sup>®</sup> .....	23
Figura 4 - Fluxograma para Análise do nitrato para os dois métodos estudados. ....	30
Figura 5 - Fluxograma para análise da DBO <sub>5,20</sub> para os dois métodos de análise.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tabela com a descrição dos tipos de água (categorias) analisadas pelo Pastel UV <sup>®</sup> : Nwat; Infl; Outb e OutP. ....	24
Tabela 2 - Tempo de análise e volume de resíduo gerado por métodos tradicionais para cinco Parâmetros fornecidos pelo Pastel UV <sup>®</sup> .....	25

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1.	Problemática da qualidade da água.....	17
2.2.	Espectrofotometria UV como alternativa.....	19
2.3.	Parâmetros estudados .....	25
2.4.	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ) .....	25
2.5.	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	26
<b>3</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>28</b>
3.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
<b>4</b>	<b>MATERIAL E METODOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>ARTIGO .....</b>	<b>32</b>
5.1	Resumo .....	33
5.2	Abstract .....	34
5.3	Introdução .....	35
5.4	Metodologia.....	37
5.5	Resultados e discussões: .....	40
5.5.1	Avaliação para Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : .....	41
5.5.2	Avaliação para DBO: .....	44
5.6	Conclusões:.....	49
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
6.1.	DICAS FUNDAMENTAIS PARA USO DO ESPECTROFOTÔMETRO PASTEL UV <sup>®</sup> : .....	53
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um patrimônio natural estratégico. Mais do que um recurso imprescindível à produção de bens indispensáveis ao desenvolvimento econômico e social, é um elemento vital para a conservação dos ecossistemas e da vida de todos os seres em nosso planeta (WOLKMER; PIMMEL, 2013).

A qualidade de vida de uma população, entre outros fatores, está diretamente ligada à disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos onde a mesma vive. Por outro lado, a qualidade das águas é alterada, principalmente pela ação antrópica, além das condições geológicas, geomorfológicas, da cobertura vegetal da bacia de drenagem e do comportamento dos ecossistemas terrestres. As ações antrópicas que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas de poluentes nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; (c) modificações no sistema fluvial (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001).

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos fins interferem no desenvolvimento econômico e social de uma comunidade, atender a essa demanda é cada vez mais difícil devido ao comprometimento da qualidade das águas. A qualidade da água sofre influência e é dependente, de processos naturais como a geologia, topografia, vegetação, clima, tipo de solo e regime hidrológico. Contudo, bacias hidrográficas inseridas em núcleos urbanos ou rurais recebem diversos tipos de interferências antrópica que contribuem para a poluição dos mananciais, refletindo na saúde da população que a consome estas águas. Aliado a isso o crescimento demográfico desordenado, a expansão de fronteiras agrícolas, o uso e ocupação do solo, grandes cargas de efluentes domésticos e industriais despejados nos rios contribuem de forma significativa para poluição e deterioração da qualidade destes recursos. Fatores que alteram as condições naturais da bacia e afetam o equilíbrio ambiental (MOURA; BOAVENTURA; PINELLI, 2010; PESSOA et al., 2013; FERREIRA, 2015).

Além da quantidade, a qualidade é outro aspecto da água que assegura determinado uso ou conjunto de usos. A qualidade é representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica (DERISIO, 2012).

A preocupação com a qualidade das águas e desenvolvimento de técnicas de tratamento objetivando evitar a contaminação da mesma vem desde os primórdios da civilização, onde há registros de recomendação de tratamento da água já em 4.000 anos A.C em documentos Sânscritos e registros gregos. Desde então está cada vez mais em destaque a

atenção para com os recursos hídricos, mesmo em um país como o Brasil que é rico em disponibilidade de água, vem tendo a sua qualidade comprometida por diversas ações, como ocupação do solo por áreas urbanas, exploração de minerais e atividades agrícolas aliados também ao desrespeito e não cumprimento da legislação ambiental. Com o crescimento demográfico, os corpos hídricos têm se tornado o destino final de diversos tipos de poluentes devido à deterioração sistemática de sua qualidade e de sua potabilidade natural (EPA, 1999); KATSUMITI et al., 2013; SILVA; YAMANAKA; MONTEIRO 2017).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, como planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água. A avaliação da qualidade das águas superficiais em um país de dimensões continentais como o Brasil é dificultada pela ausência de redes estaduais de monitoramento em algumas Unidades da Federação e pela heterogeneidade das redes de monitoramento existentes no País (número de parâmetros analisados, frequência de coleta) (ANA, 2017).

Informações sobre a qualidade das águas é essencial para a compreensão dos processos ambientais e, em particular, dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos no decorrer da bacia hidrográfica. Também é essencial para o planejamento da ocupação e controle ou minimização dos impactos. As características físico-químicas da água permitem e tem como objetivo identificar e quantificar os teores e tipos de elementos presentes em uma amostra e possibilitar assim associar aos efeitos no meio ambiente além de responder questões como, qual é o teor máximo de determinado elemento em um corpo hídrico, sendo que os teores encontrados são comparados a padrões já conhecidos e pré definidos por resoluções e normativas de órgãos ambientais (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

O Brasil possui 12% da disponibilidade de água doce superficial do mundo, sendo este um dos grandes patrimônios do País. A disponibilidade da água, contudo, não se resume apenas ao seu aspecto quantitativo. Os vários usos da água possuem requisitos de qualidade que, quando não atendidos, representam um fator limitante para o seu aproveitamento. Desse modo, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Conhecer a qualidade das águas é um fator essencial para sua gestão (ANA, 2012).

Na América Latina há três formas de governança da água nas suas políticas

ambientais, ou seja, a gestão comunitária (Equador), o controle social (Venezuela) e a participação social (Brasil). A governança da água no Brasil e a preocupação com a qualidade das águas ganhou evidência com a Lei das Águas, que instituiu a construção conceitual, teórica e operacional da Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei n. 9.433 de 1997, que apresentou como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Isso demonstra a preocupação com a integração da gestão quanto aos aspectos de qualidade e quantidade, destacando-se, também, como uma das ações principais a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. O atendimento deficiente de serviços de coleta e tratamento de efluentes resulta no lançamento de uma elevada carga de contaminantes orgânicos e químicos fora dos padrões permitidos pela Resolução do CONAMA nº 357/05. Tal Resolução tangencia a caracterização físico-química e bacteriológica da água permitindo assim avaliar a sua qualidade, onde, a avaliação da qualidade de qualquer sistema ambiental depende fundamentalmente da escolha de parâmetros representativos de seu *status* por ocasião do momento da amostragem (OLIVEIRA, 2010; WOLKMER; PIMMEL, 2013).

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água, a Resolução 357/05 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A referida resolução, delimita valores de diferentes classes de água para um corpo receptor, as principais variáveis ou parâmetros utilizados para quantificar a qualidade da água de determinado corpo receptor são Turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), NTK ou nitrogênio total, Fósforo (P), potencial hidrogeniônico (pH), Sólidos Dissolvidos Totais (STD), Coliformes (Termotolerantes e *Escherichia Coli*).

Outros parâmetros relevantes na quantificação da qualidade das águas: carbono orgânico total (COT), condutividade elétrica (CE), alcalinidade total, turbidez, fósforo total (P total), nitrito (N-NO<sup>2</sup>), amônio (N-NH<sup>4</sup>), nitrogênio total (N total) e nitrato (N-NO<sup>3</sup>) (BRASIL, 2005; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Apesar da resolução 357/05 definir mais parâmetros de quantificação para a qualidade de água e o PASTEL UV<sup>®</sup> ser um espectrofotômetro multiparâmetros, neste trabalho visando praticidade e disponibilidade de recursos, reagentes e limitação de equipamentos específicos disponíveis foi trabalhado

somente com os parâmetros  $\text{DBO}_{5,20}$  e  $\text{NO}^{3-}$  pelo método tradicional comparando-se os mesmos com o PASTEL UV<sup>®</sup>.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Problemática da qualidade da água

De acordo com Nascimento; Filho (2010) o impacto ambiental dos resíduos químicos produzidos pelo ensino e pesquisa é um tema que tem sido de grande preocupação e discussão desde de 1985, onde a composição dos resíduos dos laboratórios de pesquisa muda constantemente de acordo com cada projeto que está sendo desenvolvido. Estes autores afirmam que esta situação não pode mais ser ignorada por instituições acadêmicas, uma vez que várias instituições de pesquisa e educação no Brasil estão preocupadas com esse problema e estão integrando o gerenciamento de resíduos perigosos em suas atividades de pesquisa. Um importante meio de minimizar a geração de resíduos é considerar o uso de produtos químicos menos tóxicos, evitar o uso desnecessário de reagentes e buscar equipamentos e procedimentos de análise alternativos visando uma menor produção de resíduos. Outra alternativa é o uso da química verde, conceito este introduzido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) na década de 1990, que é uma química mais sustentável e está relacionado à invenção, desenvolvimento e aplicação de metodologias que reduzam ou eliminam o uso de produtos químicos e subprodutos perigosos, prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente. Vários países europeus, os EUA e o Japão, entre outros, encorajam a implementação deste conceito em indústrias e atividades de ensino e pesquisa, incluindo empresas e pesquisadores para o desenvolvimento de processos químicos, serviços e produtos que não prejudiquem o meio ambiente. O descarte de forma inadequada dos rejeitos químicos provenientes dos laboratórios de instituições de pesquisa e ensino oferece riscos ao meio ambiente e à saúde humana (VIANA et al., 2008).

O gerenciamento de resíduos químicos e biológicos em laboratórios de ensino e pesquisa no Brasil começou a ser amplamente discutido nos anos 90, sendo de vital importância para as grandes instituições geradoras, incluindo as universidades. Como nas instituições de ensino, devido às características de suas atividades, existe a utilização de diferentes produtos químicos, com consequente e significativa produção de resíduos a serem descartados, onde no início da década de 90, na maioria das universidades e órgãos de pesquisa, não havia uma preocupação com o descarte adequado dos resíduos químicos gerados nos laboratórios de análise, pesquisa e ensino. Onde muitas vezes se optava pelo descarte mais fácil e barato: o esgoto ou lixo comum. O lado positivo é que com o passar dos anos, mudou-se a forma de pensamento em relação aos resíduos e sua destinação. Atualmente,

os problemas ambientais são um dos aspectos que mais preocupam a sociedade e muito se discute acerca das causas de tais questões, porque está diretamente ligado com a biosfera, que também engloba a vida humana. Nos últimos anos, ações isoladas vêm sendo desenvolvidas por várias Instituições de Ensino Superior (notadamente públicas), visando aumentar a visibilidade dos problemas referentes ao gerenciamento de resíduos químicos. Mas apesar das diversas ações isoladas, essa questão precisa ser encarada coletivamente por toda a comunidade científica e pelos órgãos de fomento, dada sua relevância. O gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa ainda não é realizado plenamente em várias Instituições de Ensino Superior, tanto públicas como privadas (IMBROISI et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2011; STIIRMER et al., 2014).

Os benefícios oriundos da atividade científica e profissional (publicações, patentes, reconhecimento científico, desenvolvimento de novos produtos e tecnologias) podem gerar, paralelamente, resíduos químicos de diversos graus de periculosidade, que podem necessitar de tratamento químico adequado, antes de serem enviados à disposição final (GERBASE et al., 2005). Dentro dessa perspectiva surge um questionamento e contradição, como se pode querer determinar o índice de contaminação de uma determinada amostra/local e gerar uma nova contaminação devido à produção de resíduos pela utilização de reagentes durante as análises pelos métodos tradicionais. Com isso novas tecnologias vêm surgindo no mercado, aliando a química tradicional, objetivando um uso racional dos recursos e redução da produção de resíduos.

Quando existe a necessidade do monitoramento de grandes quantidades de amostras de água de um determinado corpo hídrico pela própria população que ali reside, a utilização do método tradicional acaba por muitas vezes tornado-se inviável pois demanda tempo, além de expor a população a produtos químicos que são necessários para a preservação da amostra coletada, problema este descrito por Bachmann; Canfield (1995) que apontaram dificuldades no uso do método tradicional Kjeldahl (de acordo com as normas da Agência de Proteção Ambiental dos EUA-USEPA, 1979), para determinação de nitrogênio em amostras de água de diversos lagos da Florida coletadas e encaminhadas de forma voluntária à laboratórios credenciados desta mesma instituição pela própria população residente na região.

O uso de métodos tradicionais (método Kjeldahl e método manométrico) para determinação da presença de contaminantes como nitrato e DBO em água, seja para consumo humano ou uso industrial, demandam de técnicas e procedimentos laboratoriais específicos e o uso considerável de reagentes químicos para a exata quantificação dos contaminantes presentes. O uso desses reagentes na maioria dos métodos tradicionais resulta na produção de

considerável volume de resíduos, além do tempo necessário para realização das análises e obtenção dos resultados. Nesse sentido o processo de determinação da qualidade da água de um corpo hídrico, utilizando o método tradicional acaba muitas vezes, tornando o processo não sustentável e ecologicamente incorreto, uma vez que será gerada uma quantidade considerável de resíduo objetivando determinar a qualidade de um local já contaminado aumentando assim o problema (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1999; SILVA et al., 2010; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

## 2.2. Espectrofotometria UV como alternativa

A região visível (VIS) do espectro varia entre 400-700 nm, já a região espectral entre 180-400 nm corresponde à região ultravioleta (UV). A luz absorvida pela molécula presente na amostra representa a cor complementar à que é absorvida, nesse sentido uma amostra que aparece em azul absorverá a luz no lado vermelho do espectro quando estudada em um espectrofotômetro, mostrando assim a região do espectro que aquela substância é absorvida, definindo assim o seu comprimento de onda. A absorção de luz na região UV ou visível provoca na amostra a excitação de seus elétrons possibilitando a identificação dos tipos de compostos que representam a presença de tal elemento ou molécula. Nesse sentido os estudos no UV e visível são frequentemente relacionados com medidas quantitativas de uma amostra ao invés de identificação estrutural de compostos desconhecidos (GORDON; MACRAE, 1989).

Uma das aplicações mais importantes da espectrofotometria UV, particularmente para controle de qualidade de esgoto industrial, é a rápida estimativa da concentração de algumas substâncias ou de alguns valores de parâmetros, dentre os quais estão os parâmetros orgânicos agregados e os compostos N ou P. Também no monitoramento do carbono ativo em efluentes industriais tratados bem como no monitoramento do processo de tratamento (THOMAS; BURGESS, 2007)

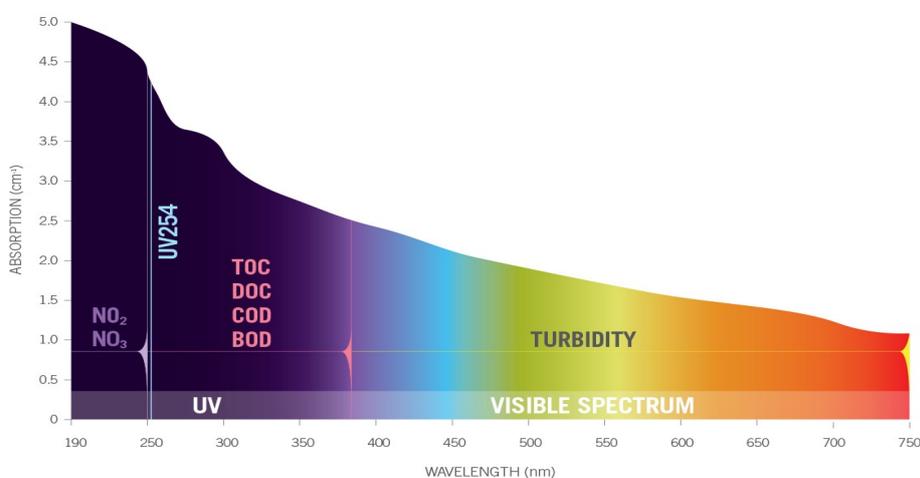
Espectrofotometria na região UV-VIS do espectro eletromagnético é uma das técnicas analíticas mais empregadas, em função de robustez, custo relativamente baixo e grande número de aplicações desenvolvidas. A espectrofotometria é fundamentada na lei de *Lambert-Beer*, que é a base matemática para medidas de absorção de radiação por amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Para medidas de absorção de radiação em determinado comprimento de onda, tem-se:  $A = \log(I_0/I) = \epsilon bc$ , onde  $A$  é a absorvância,  $I_0$  é a intensidade

da radiação monocromática que incide na amostra e  $I$  é a intensidade da radiação que emerge da amostra. A absorvidade molar ( $\epsilon$ ) é uma grandeza característica da espécie absorvente, cuja magnitude depende do comprimento de onda da radiação incidente. O termo  $c$  é a concentração da espécie absorvente e  $b$ , a distância percorrida pelo feixe através da amostra (PERKAMPUS, 1992; ROCHA; TEIXEIRA, 2004).

De acordo com a lei de *Lambert-Beer*, a absorbância é proporcional ao caminho óptico da cela de medida, devido ao aumento do número de espécies absorventes que interagem com o feixe de radiação. Entretanto, em celas construídas com materiais convencionais, o aumento do caminho óptico é limitado pela excessiva atenuação do feixe de radiação e aumento do volume interno (MELCHERT, 2009).

A espectroscopia de absorção molecular é uma das técnicas espectroscópicas mais utilizadas em química analítica, onde há interação da matéria com a energia radiante. A técnica baseia-se na absorção de luz por compostos presentes em solução. A absorção ocorre em moléculas que apresentam elétrons que podem ser promovidos a níveis de energia mais elevados mediante a absorção de energia, tal processo é chamado de transição eletrônica, onde níveis discretos de energia são absorvidos devido às vibrações e rotações das moléculas. Por este motivo, não se observa uma linha de absorção nítida, mas sim uma banda de absorção, que é chamada de espectro ultravioleta-visível (UV-VIS) (Figura 1). Esse tipo de análise é realizada utilizando o espectrofotômetro UV-VIS, que é um instrumento capaz de medir a quantidade de luz (dos comprimentos de luz do visível, do ultravioleta próximo e infravermelho próximo) que atravessa a amostra (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Figura 1 - Detalhe da absorção espectral na região do ultravioleta-visível.



Fonte: Realtechwater, 2017.

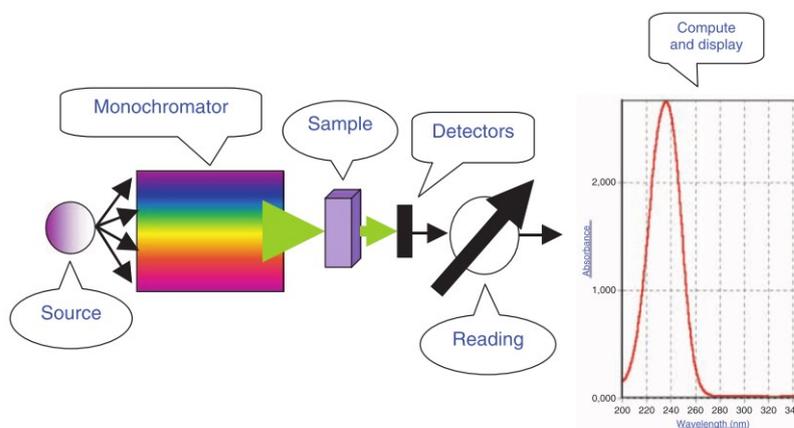
Todo composto químico, em um certo intervalo de comprimento de onda absorve, transmite ou reflete luz (radiação eletromagnética). A espectrofotometria é uma medida de quanto uma substância química absorve ou transmite luz e um espectrofotômetro é o instrumento que mede a quantidade de intensidade da luz absorvida depois de passar pela solução da amostra. Com o uso do espectrofotômetro, as concentrações de uma substância (a quantidade de uma substância química conhecida) podem ser determinadas medindo a intensidade da luz detectada (SANDA et al., 2012).

A espectroscopia ultravioleta-visível envolve a absorção de luz ultravioleta/visível por uma molécula que provoca a promoção de um elétron de um estado eletrônico parado para um estado eletrônico excitado. O método utilizado para medir a absorção de luz UV e visível é chamado de espectrofotometria (a colorimetria refere-se à medida da absorção de luz somente na região visível). A espectrofotometria é a quantidade de luz que uma substância química absorve ou transmite luz quando um feixe de luz passa através da solução da amostra. O princípio básico da espectrofotometria é de que todo composto absorve ou transmite luz (radiação eletromagnética) em uma certa amplitude de comprimento de onda, podendo assim ser utilizado para medir a quantidade de uma determinada substância química em uma solução (amostra). A espectrofotometria é amplamente utilizada para análise quantitativa em várias áreas (por exemplo, química, física, biologia, bioquímica, engenharia química e material, aplicações clínicas, aplicações industriais, etc.). Existem também diferentes variações da espectrofotometria, como espectrofotometria de absorção atômica e espectrofotometria de emissão atômica. Um espectrofotômetro é um instrumento que mede a quantidade de fótons (intensidade da luz) absorvida depois de passar pela solução da amostra. Com o espectrofotômetro, a quantidade de uma substância química conhecida (concentrações) também pode ser determinada medindo a intensidade da luz detectada. Dependendo do alcance do comprimento de onda da fonte de luz, ele pode ser classificado em dois tipos diferentes: Espectrofotômetro UV-visível: usa luz sobre a faixa ultravioleta (185-400 nm) e o alcance visível (400 - 700 nm) do espectro de radiação eletromagnética. Espectrofotômetro IR: usa luz sobre a faixa infravermelha (700 - 15000 nm) do espectro de radiação eletromagnética. Na espectrofotometria visível, a absorção ou transmissão de uma determinada substância pode ser determinada pela cor observada, onde uma amostra de solução que absorve a luz em todas as faixas visíveis (ou seja, não transmite nenhum dos comprimentos de onda visíveis) parece preta na teoria. Por outro lado, se todos os comprimentos de onda visíveis forem transmitidos (isto é, não absorve nada), a amostra da solução aparece em branco. Se uma amostra da solução absorver a luz vermelha (~ 700 nm),

ela aparece verde porque o verde é a cor complementar do vermelho (SENADEERA, 2001; PAVIA et al., 2009; RASCHE; KENDRICK, 2011; VO, 2015).

Os espectrofotômetros UV/VIS na prática, usam um prisma para restringir uma certa amplitude de comprimento de onda (para filtrar outros comprimentos de onda) de modo que o feixe de luz particular seja passado através da solução da amostra. A figura 2 ilustra a estrutura básica dos espectrofotômetros, que consistem em uma fonte de luz, um colimador, um monocromador, um seletor de comprimento de onda, uma cubeta para solução de amostra, um detector fotoelétrico e uma tela digital ou um medidor. Os espectrofotômetros, em geral, são compostos de dois dispositivos, um espectrômetro (dispositivo que produz uma faixa desejada de comprimento de onda da luz, tipicamente dispersa e mede a luz) e um fotômetro (que é o detector fotoelétrico) que mede a intensidade da luz do comprimento de onda desejado que passou pela cubeta com a amostra e detecta a quantidade de fótons que é absorvido e envia um sinal para um galvanômetro ou uma tela digital (GONZALEZ; GREENWOOD; QUEVAUVILLER, 2009; PAVIA et al., 2009; VO, 2015).

Figura 2- Estrutura básica do sistema óptico utilizado pelos espectrofotômetros.



Fonte: Gonzales et al., 2009.

A cromatografia iônica embora permita medidas rápidas e simultâneas com outros íons de interesse (como cloreto, fosfato, sulfato e nitrito), é uma técnica relativamente cara, não estando livre de interferentes; já métodos envolvendo a pré-redução do nitrato para nitrito em coluna de cádmio, seguido de desenvolvimento de cor por diazotização, são trabalhosos e, novamente, sujeitos a interferentes. Assim, os métodos mais simples disponíveis, baseados em espectrofotometria na região UV, são extremamente atraentes devido não somente à simplicidade mas também devido ao baixo custo (SOUTO et al., 2006).

PASTEL UV<sup>®</sup> não utiliza reagentes ou materiais consumíveis, é portátil, dispõe de memória interna para armazenamento de até 200 resultados e bateria interna com autonomia de 100 análises a campo (Figura 3).

Figura 3 - Detalhe do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup>.



Fonte: autor, 2017.

O PASTEL UV<sup>®</sup> possibilita analisar seis parâmetros simultaneamente de quatro diferentes categorias de amostras líquidas (quatro diferentes calibrações do aparelho): para águas naturais, efluentes brutos ou misturados, efluentes tratados em processos biológicos e efluentes tratados em processos químicos (Tabela 1). O manuseio do equipamento dispensa por parte do usuário conhecimento ou qualificação em química, além disso, a tecnologia UV utilizada pelo aparelho compara o perfil da amostra com o tipo de água a ser estudada, possibilitando avaliar qualitativamente o curso de água em questão possibilitando quantificar uma poluição acidental. O PASTEL UV<sup>®</sup> trabalha com os seguintes limites de medição: DQO 1,0 a 350 mg.L<sup>-1</sup>, BDO 0,2 a 350 mg.L<sup>-1</sup>, COT 0,5 a 300 mg.L<sup>-1</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 0,5 a 40 mg.L<sup>-1</sup>, SUR 0,5 a 60 mg.L<sup>-1</sup> e TSS 12,5 a 250 mg.L<sup>-1</sup> (SECOMAM, 2017).

Tabela 1- Tabela com a descrição dos tipos de água (categorias) analisadas pelo Pastel UV<sup>®</sup>: Nwat; Infl; Outb e OutP.

<b>Tipos de água</b>	<b>Definição</b>
Nwat	Águas de rios, poços, lagos etc.
Infl	Água não tratada incluindo águas residuais municipais, contendo no Máximo 40% de esgoto industrial.
Outb	Efluente de processos de tratamento biológico.
Outp	Efluente do processo de tratamento físico ou químico.

Fonte: Chevalier et al. (2002); SECOMAM (2017) adaptado pelo autor.

O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> possibilita a análise in loco sem o uso de reagentes, ao contrário dos métodos de análise tradicionais que utilizam uma grande quantidade de reagentes químicos, tendo assim uma elevada produção de resíduos tóxicos. O espectrofotômetro PASTEL-UV<sup>®</sup>, realiza, através de uma variação de diferentes comprimentos de onda entre 200 e 350 nm, análises de frações orgânicas de Carbono Orgânico Total (COT), DQO, DBO e SST, além de compostos específicos (NO<sup>3</sup> e surfactantes totais), onde a análise dos parâmetros mencionados, ocorre através da absorção do espectro UV das amostras, calculando seus valores e a correlação entre os seus interferentes. Isso tudo de maneira rápida e sem produção de resíduos químicos, ao contrário dos métodos tradicionais. O referido equipamento já faz alguns anos que está no mercado, patenteado pela marca SECOMAM (RODRIGUES, 2013; SECOMAM, 2017).

O PASTEL UV<sup>®</sup> não requer pré-tratamento, adição de reagentes ou calibração no local, a análise é concluída dentro de 1 min a partir do momento em que a amostra é retirada, minimizando quaisquer alterações na amostra devido a coleta, armazenamento e transporte até o laboratório como ocorre no método tradicional (ROIG et al., 2007).

Conforme orientações do fabricante a amostra não requer pré-tratamento, somente em caso de efluentes muito concentrados que será requerido diluição em água destilada, sendo que o próprio equipamento calcula o fator de diluição a ser aplicado, tal função mostra-se como um diferencial do equipamento em relação aos métodos tradicionais (Tabela 2).

Tabela 2 - Tempo de análise e volume de resíduo gerado por métodos tradicionais para cinco Parâmetros fornecidos pelo Pastel UV<sup>®</sup>.

Parâmetro	Reagentes	Volume de resíduos *	Tempo estimado **
COT	Dicromato de potássio + ácido Sulfúrico	104 ml (10 amostras + 6 brancos)	5 horas
DQO	Dicromato de potássio + ácido Sulfúrico + Sulfato de Prata + ind. ferroína + Sulfato ferroso	912 ml	3 horas
DBO <sub>5,20</sub>	Hidróxido de Potássio, ácido sulfúrico, hidróxido de sódio, Cloreto de cálcio	2500 ml	5 dias
NO <sub>3</sub> -	Liga devarda + Óxido de Magnésio + Ácido Bórico + Ácido Sulfúrico	770 ml	2 horas
SST	Filtro de fibra de vidro + estufa		12 horas
SUR	Nitrogênio-gás + Acetato de Etila + Bicarbonato de sódio + Cloreto de sódio	10 litros	2 horas

\*Volume de resíduos para o preparo de 10 amostras. \*\*Tempo estimado de preparo e obtenção dos dados.

Fonte: (LESSA, 2010), adaptado pelo autor, 2017.

### 2.3. Parâmetros estudados

Na sequência será apresentado uma breve revisão sobre os parâmetros avaliados no presente trabalho.

### 2.4. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)

Quantidade de oxigênio necessário para a oxidação biológica das substâncias oxidáveis contidas na amostra. É um teste empírico que corresponde à diferença entre as concentrações de oxigênio no início e no fim do período de incubação, em condições específicas do ensaio. A temperatura de incubação é padronizada em 20°C e o tempo de incubação em cinco dias. Admite-se que nestas condições 80% da matéria orgânica carbonada já estejam mineralizados e começando a nitrificação. Uma oxidação total, em geral, leva cerca de 20 dias (ABNT, 1992; LIMA, 2001). A DBO é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20° C e durante um período de incubação também fixo, 5 dias. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenômeno que acontece no corpo d'água e

serve como um indicador da matéria orgânica biodegradável por micro-organismos (DERISIO, 2012; VALENTE; PADILHA; SILVA, 2015).

### 2.5. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

O nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , representa o contaminante de maior preocupação em águas subterrâneas, o mesmo normalmente ocorre em aquíferos de zonas rurais e suburbanas. O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

O íon nitrato ocorre geralmente em concentrações relativamente baixas em águas superficiais, mas pode atingir níveis altos em águas subterrâneas; é encontrado em pequenas quantidades em águas residuárias domésticas, mas alcança concentrações superiores a 30 mg de nitrato como nitrogênio por litro em efluentes de plantas de tratamento biológico nitrificante. Um limite de 10 mg de nitrato como N/L em águas potáveis tem sido imposto em países como o Brasil e os Estados Unidos (SOUTO et al., 2006). A resolução 357/05 do CONAMA determina para águas doces das classes 1 e 3 o limite de 10  $\text{mg.l}^{-1}$  N. Já para águas salobras e salinas da classe 1 o limite de 0,4  $\text{mg.l}^{-1}$  N e 0,7  $\text{mg.l}^{-1}$  N para águas da classe 2 (BRASIL, 2005).

A presença de nitrogênio no meio aquático pode originar-se das fontes naturais de nitrogênio, tais como: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctane, de esgotos domésticos e industriais e da drenagem de áreas fertilizadas. As formas em que o nitrogênio apresenta-se nos ambientes aquáticos podem ser: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos etc) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos). As diferentes formas dos compostos de nitrogênio encontradas no meio aquático podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas (LIMA, 2001).

Os compostos de nitrogênio (nitritos, nitratos e amônia) em águas derivam naturalmente do metabolismo de organismos aquáticos e decomposição de materiais orgânicos por bactérias. Além disso, nitrito e nitrato na natureza podem ser produzidos naturalmente, bem como da atividade humana. A fonte natural de nitrito e nitrato é o ciclo do nitrogênio, enquanto a origem da atividade humana vem do uso de fertilizantes nitrogenados,

resíduos industriais e resíduos orgânicos humanos. A formação de nitrito e nitrato no ciclo do nitrogênio ocorre através do processo de fixação do nitrogênio por bactérias *Rhizobium*, nitrificação e dinitrificação pela bactéria *Pseudomonas*. A nitrificação envolve dois processos, nomeadamente nitrito por bactérias *Nitrosomonas* e nitratos por *Nitrobacter* (INDRAYANI et al., 2015; SETIOWATI; ROTO; WAHYUNI, 2016).

A medição direta da absorção de luz ultravioleta (UV) por nitrato no comprimento de onda 200-205 nm oferece um método confiável, preciso e rápido de nitrato em águas naturais (EDWARDS; HOODA; COOK, 2001).

Para evitar o uso de reagentes tóxicos na medição de nitratos, uma das alternativas é a medição espectrofotométrica direta no ultravioleta, pois o nitrato absorve radiação eletromagnética perto de 200 nm (MELCHERT; ROCHA, 2005).

Roig et al. (2007) já utilizaram o Pastel UV<sup>®</sup> para fornecer um mapeamento rápido das concentrações de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na bacia de hidrográfica de Hardt, localizada na Alsácia na França.

Diante do exposto, é possível que a qualidade dos dados seja prejudicada pela simplicidade do aparelho, por outro lado, o fato de permanecer no mercado implica em observar onde seu uso é questionável e qual sua precisão em manter e repetir os dados e acurácia em relação a capacidade do equipamento em apresentar valores (resultados) próximo da curva ou dados esperados. Caso apresente resultados contrastantes com as metodologias tradicionais, o que se faz necessário aplicar para corrigir erros e em que situação não é recomendável a utilização do mesmo.

### **3 OBJETIVO**

Este trabalho visa estudar a aplicação, uso, a precisão e acurácia do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> para análises de água e efluentes através da comparação com resultados obtidos pelos métodos tradicionais de avaliação de parâmetros ambientais.

#### **3.1. Objetivos específicos**

Determinar para cada parâmetro a variação entre as concentrações de padrões conhecidos com as concentrações encontradas na análise pelo método tradicional e o espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup>;

#### 4 MATERIAL E METODOS

A presente dissertação foi estruturada da seguinte forma: Os parâmetros DBO e  $\text{NO}_3^-$  estão descritos e apresentados em forma de um artigo que é requisito para obtenção do título de mestre segundo as norma do programa de pós graduação.

O estudo foi conduzido no Laboratório de Saneamento e Recursos Hídricos e no Laboratório de Solos e Ecologia Florestal da UNIPAMPA Campus São Gabriel entre o período de março de 2015 e fevereiro de 2017, utilizando materiais e equipamentos, bem como o espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> cedido pelo pesquisador Dr. Marcos Flávio Silva Borba da Embrapa Pecuária Sul de Bagé vinculado ao projeto Alto Camaquã.

As amostras utilizadas no estudo foram preparadas utilizando água destilada e água de lago oriundas de um lago artificial/construído situado no campus da UNIPAMPA São Gabriel próximo a cantina do referido campus. Já as amostras de dejetos suíno foram coletas em uma granja as margens da BR-473.

O efluente de abatedouro bovino foi coletado na entrada do sistema de tratamento nas lagoas de estabilização de um abatedouro situado no interior do município de São Gabriel-RS. O procedimento de análise e preparo das amostras tanto para análise do nitrato quanto para a análise da  $\text{DBO}_{5,20}$  está descrito nas figura 4 e 5 respectivamente.

Figura 4 - Fluxograma para Análise do nitrato para os dois métodos estudados.

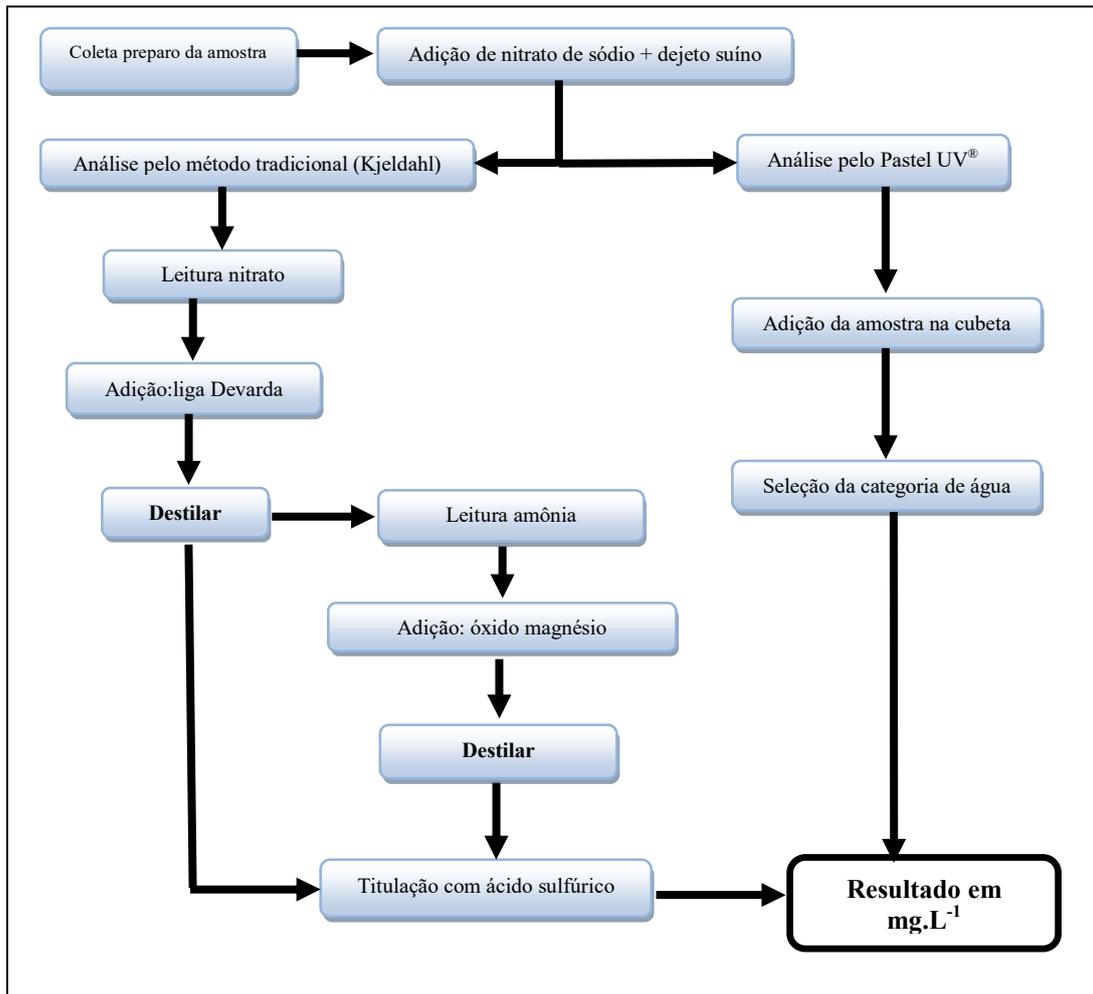
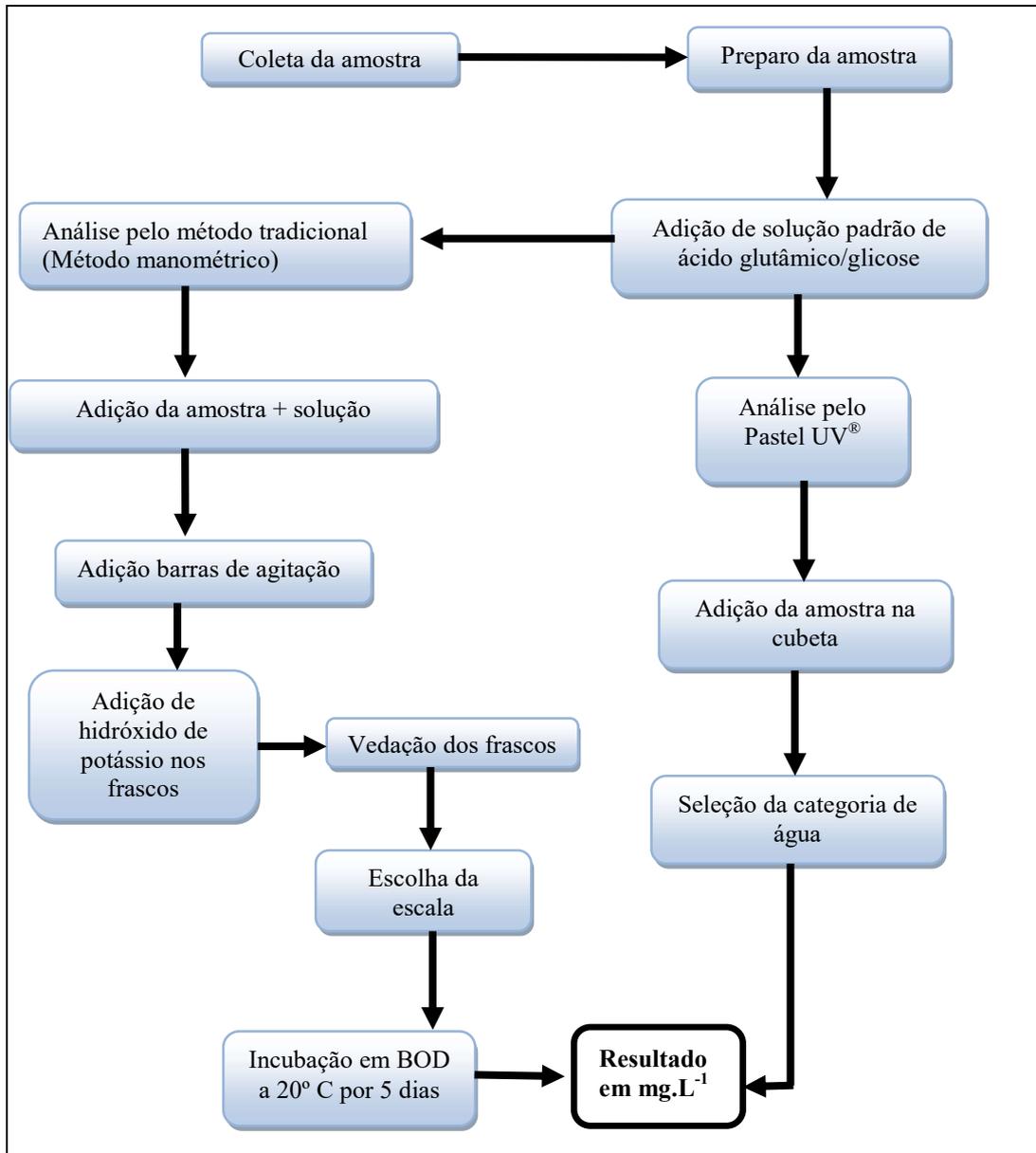


Figura 5 - Fluxograma para análise da DBO<sub>5,20</sub> para os dois métodos de análise.

## 5 ARTIGO

Testes de funcionalidade, vantagens e desvantagens do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> SECOMAM para análises de nitrato e DBO em relação aos métodos tradicionais de análises de águas.

Functional tests, advantages and disadvantages of the PASTEL UV<sup>®</sup> spectrophotometer for nitrate and BOD analyzes in analogous water analytical methods.

Márcio José Lord de Freitas<sup>1</sup>, Filipe de Carvalho Victoria<sup>2</sup>, André Carlos Cruz Copetti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando no Programa de Pós Graduação de Ciências Biológicas-Universidade Federal do Pampa-Unipampa-São Gabriel –RS.

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinar de Pesquisas em Biotecnologia (CIP-Biotec), Universidade Federal do Pampa-Unipampa- São Gabriel –RS.

Endereço para correspondência: Av. Antonio Trilha 1847, Centro São Gabriel, CEP 97300-000.

<sup>3</sup>Professor Adjunto na Universidade Federal do Pampa-Unipampa- São Gabriel –RS.

Endereço para correspondência: Av. Antonio Trilha 1847, Centro São Gabriel, CEP 97300-000.

## Resumo

A preservação e a qualidade dos recursos hídricos ligados a uma população estão relacionadas com a atividade exploratória desta comunidade. Informações sobre a qualidade das águas é essencial para a compreensão dos processos ambientais e dos impactos antrópicos no decorrer da bacia hidrográfica. Uma análise rápida da qualidade de uma amostra de água faz-se necessária, pois os parâmetros de qualidade sofrem variações no tempo e no espaço, além disso, os métodos tradicionais demandam tempo, equipamentos, procedimentos laboratoriais específicos e uso de reagentes. A espectrofotometria UV, surge como uma alternativa prática para a rápida estimativa da concentração de contaminantes, sendo que sua utilização na região do UV visível é descrito no “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”. O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> faz uma análise in loco dos parâmetros como COT, DQO, DBO e SST, além de compostos específicos (NO<sup>3</sup> e surfactantes totais) em quatro diferentes categorias de água sem uso de reagentes. O estudo teve por objetivo estudar a funcionalidade e aplicabilidade de PASTEL UV<sup>®</sup> para os parâmetros DBO e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. As análises foram conduzidas nos laboratórios da UNIPAMPA *Campus* São Gabriel, e o equipamento PASTEL UV<sup>®</sup> cedido pela Embrapa Pecuária Sul de Bagé. Apesar da simplicidade o equipamento mostrou-se eficiente e confiável na determinação rápida dos parâmetros estudados. Bons resultados foram obtidos para DBO e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A sua melhor aplicação se dá para análise rápida e exploratória de elevada quantidade de amostras de águas naturais.

Palavras-chave: Análise alternativa; qualidade das águas; DBO<sub>5,20</sub>; UV visível; espectrofotometria.

## Abstract

The preservation and quality of water resources linked to a population are related to an exploratory activity in this community. Information of water quality is essential for understanding environmental processes and the anthropic impacts that occur in the river basin. A rapid analysis of water quality is necessary, because the quality parameters suffer variations in time and space, in addition, the traditional methods demand time, equipment, specific laboratory procedures and use of reagents. UV spectrophotometry appears as a practical alternative for the rapid determination of contaminants with their use in the UV region is described by "Standard methods for water and wastewater analysis". The PASTEL UV<sup>®</sup> spectrophotometer performs in loco analysis of parameters as TOC, COD, BOD and SST, as well as specific compounds (NO<sub>3</sub> and total surfactants) in four different categories of water without the use of reagents. The aim of the study was to evaluate the functionality and application of PASTEL UV<sup>®</sup> for the parameters BOD and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. The analyzes were conducted in the UNIPAMPA Campus São Gabriel laboratories, and the PASTEL UV<sup>®</sup> equipment provided by Embrapa Sul Pecuária of Bagé. Despite the simplicity of the equipment displayed efficiently and reliably in the rapid determination of the parameters studied. The best results was observed in BOD and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> parameters. Its best application for rapid and exploratory analysis of large quantity of natural water samples.

Keywords: Alternative analysis; water quality; BOD; UV visible; Spectrophotometry.

## Introdução

A preservação e a qualidade dos recursos hídricos ligados a uma população estão relacionadas com a atividade exploratória desta comunidade. Assim faz-se necessário o monitoramento da qualidade das águas, independente do uso e destino, tanto para controle de lançamento de contaminantes quanto para definição de classes de uso.

A água constitui-se como um elemento indispensável à sobrevivência de todos os organismos vivos, além disso, é extremamente importante para a manutenção do clima na Terra. A água pode apresentar qualidade variável, dependendo do local e das condições de sua origem. O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos de nutrientes no planeta (BACCI; PATACA, 2008; SIQUEIRA; APRILE; MIGUÉIS, 2012).

Informações sobre a qualidade das águas é essencial para a compreensão dos processos ambientais e, em particular, dos corpos hídricos com relação aos impactos antrópicos no decorrer da bacia hidrográfica. Também é essencial para o planejamento da ocupação e controle ou minimização dos impactos (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Devido aos parâmetros físicos, químicos e biológicos, que caracterizam a qualidade das águas sofrerem grandes variações no tempo e no espaço, há a necessidade de se ter um planejamento adequado para o monitoramento das águas superficiais (ANDRADE et al., 2007).

A determinação dos teores de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em águas pelos métodos tradicionais (método Kjeldahl e método manométrico- $\text{DBO}_{5,20}$ , respectivamente), seja para consumo humano ou uso industrial, demandam tempo, equipamentos específicos, técnicas e procedimentos laboratoriais específicos e considerável quantidade de reagentes para a exata quantificação dos teores de determinado poluente em uma amostra de água. Sendo que o uso desses reagentes resulta na produção de resíduos gerando um novo impacto ambiental, caso sejam descartados incorretamente, além do tempo demasiado para a execução das análises e obtenção do resultado final (ABNT, 1989, 1992, 1997, 2004, 2015).

A determinação de nitrato por destilação a vapor é passível de erros devido à necessidade de destilações sucessivas, uso considerado de reagentes além de apresentar riscos ao operador pela exposição a altas temperaturas adaptado de Fey; Lana (2009).

A primeira proposta para o uso da espectrofotometria UV para a determinação de íon

de nitrato foi proposta aproximadamente no ano de 1960. A utilização de espectrometria UV na região do 220/275 nm para a análise de nitrato em água é descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater na seção 4500-N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1999). Uma das aplicações mais importantes da espectrofotometria UV, particularmente para controle de qualidade de esgoto industrial, é a rápida estimativa da concentração de algumas substâncias ou de alguns valores de parâmetros, dentre os quais estão os parâmetros orgânicos agregados e os compostos N ou P. Também no monitoramento do carbono ativo em efluentes industriais tratados, bem como no monitoramento do processo de tratamento (THOMAS; BURGESS, 2007).

O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> permite a análise in loco dos parâmetros como Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST), além de compostos específicos como Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e Surfactantes (SUR) em quatro diferentes categorias de água (Nwat - águas de rios, poços, lagos etc., Infl - água não tratada incluindo águas residuais municipais, contendo no Máximo 40% de esgoto, Outb - efluente de processos de tratamento biológico e Outp - efluente do processo de tratamento físico ou químico) sem uso de reagentes.

O PASTEL UV<sup>®</sup> não requer pré-tratamento da amostra, adição de reagentes ou calibração, somente em caso de efluentes muito concentrados será requerida diluição em água destilada, sendo que o próprio equipamento calcula o fator de diluição a ser aplicado, tal função mostra-se como um diferencial do equipamento em relação aos métodos tradicionais, que demandam grande quantidade de reagentes, o que resulta em resíduo posteriormente, além de demasiado tempo para gerar o resultado final, já no PASTEL UV<sup>®</sup> a análise é concluída dentro de 1 minuto a partir do momento em que a amostra é retirada, minimizando quaisquer alterações na amostra devido à coleta, armazenamento e transporte até o laboratório como ocorre no método tradicional (ROIG et al., 2007; SECOMAM, 2017).

O estudo tem por objetivo estudar a funcionalidade, o uso, a precisão e acurácia do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> para análises de água e efluentes para as medidas de: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), através da comparação com resultados obtidos pelos métodos tradicionais de avaliação destes parâmetros, que são o método manométrico e o método Kjeldahl. Além de buscar detalhar a aplicabilidade do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> para diferentes situações e diferentes tipos de efluentes, determinar para cada parâmetro a variação entre as concentrações de padrões conhecidos com as concentrações encontradas na análise pelo método tradicional e o espectrofotômetro

PASTEL UV<sup>®</sup>.

## Metodologia

O estudo foi conduzido no Laboratório de Saneamento e Recursos Hídricos e no Laboratório de Solos e Ecologia Florestal da UNIPAMPA Campus São Gabriel entre o período de março de 2015 e fevereiro de 2017, utilizando materiais e equipamentos, bem como o espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> cedido pela Embrapa Pecuária Sul de Bagé.

Para a avaliação da variação da concentração de nitrato foram preparadas 8 amostras utilizando água destilada, água de lago oriunda de uma lago artificial situado no campus da Unipampa São Gabriel próximo a cantina do referido campus. Já as amostras de dejetos suíno foram coletadas em uma granja nas margens da BR-473. O efluente de abatedouro bovino foi coletado na entrada do sistema de tratamento nas lagoas de estabilização de um abatedouro situado no interior do município de São Gabriel-RS e solução de nitrato de amônia. As concentrações estão detalhadas na tabela 1. Foi utilizado inicialmente uma solução com 64,5 mg.L<sup>-1</sup> de nitrato de amônia, onde continha 50 mg.L<sup>-1</sup> de Nitrato, a partir dessa solução as amostras receberam diferentes concentrações de modo que fosse formado dois conjuntos de amostras contendo concentrações de nitrato equidistantes 5 mg.L<sup>-1</sup>, variando de zero a 15 mg.L<sup>-1</sup> adicionado (além da possibilidade de conter naturalmente alguns miligramas), conforme tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição das diferentes concentrações de nitrato e de volumes de diluentes na curva padrão elaborada.

Réplica	Curva	-----Diluentes -----			Solução	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg.L <sup>-1</sup>	Água de lago ml	Água destilada ml	Esgoto líquido ml	Nitrato ml	Volume final ml
1	0	150	0	0	0	150
2	5	97,5	0	37,5	15	150
3	10	45	0	75	30	150
4	15	5	0	100	45	150
5	0	0	97,5	0	0	150
6	5	0	45	37,5	15	150
7	10	0	5	75	30	150

8	15	0	97,5	100	45	150
---	----	---	------	-----	----	-----

As amostras foram submetidas à análise pelo PASTEL UV<sup>®</sup> e pelo método tradicional Kjeldahl desenvolvido em 1883 por Johan Kjeldahl, o qual é referência para determinação de nitrogênio (LABCONCO, 2005; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). No método tradicional, cada réplica foi dividida em cinco pseudo-réplicas para extração da amônia e posterior determinação do nitrato. No método UV as amostras foram analisadas como uma subamostra apenas.

Como houve uma superestimação pelo método UV do nitrato, fez-se um segundo conjunto de amostras substituindo o nitrato de amônia por nitrato de sódio e o esgoto líquido de dejetos suíno por efluente de abatedouro, para verificar a influência da amônia nos resultados. Também os mesmos tratamentos para avaliação da acurácia. Um conjunto de amostras foi construída usando água natural (lago) para diluição da solução de nitrato de sódio na concentração que variou de zero a 15 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. O segundo conjunto de amostras foi feito usando efluente de abatedouro para a diluição da mesma concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, conforme tabela 2.

As doses de nitrato foram elaboradas a partir da solução primária 0,81 Molar de nitrato de sódio contendo 50 mg.L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Tabela 2 - Distribuição das diferentes concentrações de nitrato e de volumes de diluentes na curva padrão elaborada usando nitrato de sódio.

Diluyente	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Solução	Diluyente	Volume final
	mg.L <sup>-1</sup> de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
Água natural	0	0	0	0	150	150
	5	5	5	15	135	150
	10	10	10	30	120	150
	15	15	15	45	105	150
Efluente de abatedouro	0	0	0	0	150	150
	5	5	5	15	135	150
	10	10	10	30	120	150
	15	15	15	45	105	150

Como realizado anteriormente, as amostras foram submetidas às análises pelo PASTEL UV<sup>®</sup> e pelo método tradicional (Kjeldahl), sendo realizados três repetições para cada amostra. Para a avaliação da precisão e acurácia os dados foram correlacionados entre esperados e encontrados, extraindo-se assim o coeficiente de correlação e a equação da reta.

A DBO tradicional (DBO<sub>5,20</sub>) pode ser feita por diferentes métodos, nesse estudo foi usado o método tradicional (DBO<sub>5,20</sub>), no qual a amostra é incubada durante cinco dias, para

contrastar com o método UV. Conforme metodologia tradicional na determinação da DBO a aferição da metodologia se dá mediante solução padrão de ácido glutâmico/glicose elaborada a partir da dissolução de 150 mg de glicose e 150 mg de ácido glutâmico, previamente secos em estufa a 103° C por 1 hora, em um litro de água destilada. Tal solução deve apresentar uma DBO teórica de 194 mg.L<sup>-1</sup> (sendo tolerado um desvio padrão de até +/- 15%). Pela técnica também é estabelecido padrões de nutrientes e micro-organismos para ocorrência do consumo de oxigênio, que devem ser adicionados caso a amostra seja pobre desses itens.

No presente trabalho foram montados três grupos de amostras para avaliação e entendimento dos resultados de cada método. No primeiro grupo foi feita a solução padrão de ácido glutâmico/glicose para cinco diferentes DBOs esperados, conforme tabela 3, sem adição de microrganismos e nutrientes.

Tabela 3 - Soluções em água destilada e diferentes concentrações de ácido glutâmico/glicose para análise de DBO pelo método tradicional e pelo PASTEL UV<sup>®</sup>.

Amostras curva	DBO esperado mg.L <sup>-1</sup>	Conteúdo ácido glutâmico/glicose	Volume total da amostra*
Ponto 1	0	0mg	400 ml
Ponto 2	100	30 mg de cada.	400 ml
Ponto 3	200	37 mg de cada	250 ml
Ponto 4	400	45 mg de cada	150 ml
Ponto 5	800	60 mg de cada	100 ml

\* - volume usado pelo método tradicional, 1 ml removido para análise no PASTEL UV<sup>®</sup>.

No segundo grupo as mesmas concentrações de ácido glutâmico/glicose foram utilizados, porém adicionou-se 10% de efluente de abatedouro bovino rico em microrganismos, com ajustes nos volumes conforme a DBO esperada e a escala do método (Tabela 4).

Tabela 4 - Soluções em água destilada e 10% de efluente de abatedouro com diferentes concentrações de ácido glutâmico/glicose para análise de DBO.

Amostras curva	DBO esperado (mg.L-1)	Conteúdo ácido glutâmico/glicose (mg)	Água destilada ml	Efluente (10%) ml	Volume total da amostra
Ponto 1	0,0	0 mg	360	40	400 ml
Ponto 2	100	30 mg de cada.	360	40	400 ml
Ponto 3	200	37 mg de cada	225	25	250 ml
Ponto 4	400	45 mg de cada	135	15	150 ml
Ponto 5	800	60 mg de cada	90	10	100 ml

Ponto 6*	800	0 mg	0	100	100 ml
----------	-----	------	---	-----	--------

\*DBO do efluente.

Como o efluente apresenta sua própria DBO, fez-se o cálculo para descontar a DBO do efluente da DBO esperada do conteúdo de ácido glutâmico/glicose, seguindo a equação 1:

(1)

$$\text{DBO amostra} = \frac{(\text{DBO medido}) - (\text{DBO efluente} * \text{fração decimal do volume utilizado})}{(\text{fração decimal do volume de amostra usado})}$$

O terceiro grupo de amostras foi elaborado a partir de uma amostra de efluente de abatedouro que foi diluído em 6 proporções de 100%, 50%, 25%, 12% 6% e 0%, usando água destilada para diluição. Para o método tradicional foi usado a escala esperada para 600 mg.L<sup>-1</sup> para todas as amostras (Tabela 5).

Tabela 5: Proporções de diluição de efluente para DBO esperada.

Amostras curva	Água destilada	Efluente	Efluente	Volume total da amostra
	ml	ml	%	
Ponto 1	150	0	0	150 ml
Ponto 2	141	9	6	150 ml
Ponto 3	225	18	12	150 ml
Ponto 4	135	37,5	25	150 ml
Ponto 5	90	75	50	150 ml
Ponto 6*	0	150	100	150 ml

\*DBO do efluente.

Os dados, tanto para a DBO<sub>5,20</sub> quanto para o Nitrato, foram organizados e processados no software Excel em forma de tabelas e posteriormente em gráficos, onde os dados foram organizados em esperado e encontrado, posteriormente calculado o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e a equação da reta. Os dados para os valores esperados (valores da curva de calibração) foram dispostos no eixo y, por outro lado o eixo x representa os valores encontrados. Uma das análises mais realizadas para testes entre metodologias é a correlação entre o esperado e o valor encontrado.

## Resultados e discussões:

Os resultados serão apresentados primeiramente para o nitrato e posteriormente para a DBO.

### Avaliação para Nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:

Neste trabalho as análises no PASTEL UV<sup>®</sup> mostrou uma melhor correlação, expressada pelo R<sup>2</sup> da equação, o qual foi de 99% para as amostras preparadas em água destilada ou com água natural, já a correlação do encontrado com o esperado no método tradicional foi de 97 e 99% para amostras preparada em água destilada e natural, respectivamente. Considerando um mínimo de 95% para ser considerada de alta correlação, ambos os métodos estão de acordo com a acurácia necessária.

Quanto a acurácia percebe-se que os valores de nitrato encontrados pelo método PASTEL UV<sup>®</sup> foram superestimados em relação a curva padrão esperada, tanto nas amostras preparadas em água natural como na destilada em todos os cinco pontos. Já para o método tradicional houve uma subestimação dos valores 10 e 15 mg.L<sup>-1</sup>, e para o ponto de concentração 5 mg.L<sup>-1</sup> de Nitrato foi coerente, enquanto para o ponto sem adição de nitrato os valores foram superestimados (figura 1).

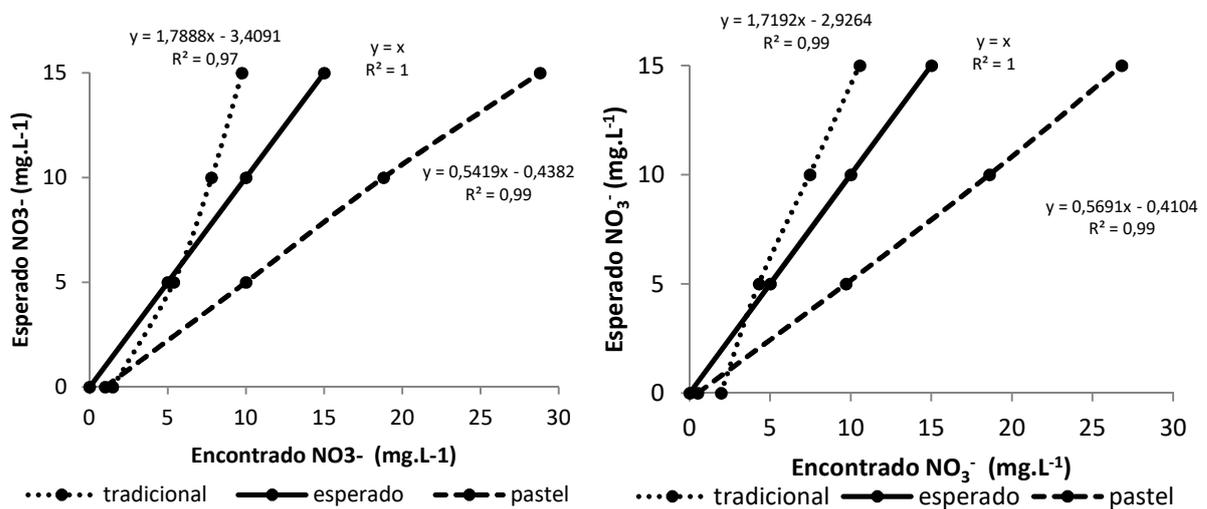


Figura 1 - Ilustração das curvas de correlação entre valores médios esperados (y) e encontrados (x) na análise tradicional e PASTEL UV<sup>®</sup> para amostras criadas com a diluição de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e esterco suíno em água natural (esquerda) e água destilada (Direita).

Os valores superestimados na análise feita no PASTEL UV<sup>®</sup> chegam a quase dobrar em relação ao esperado, sugerindo que esse método contabilize a concentração de amônia nos resultados, enquanto o método tradicional, em sua metodologia separa fisicamente as duas

formas de nitrogênio e contabiliza separadamente o teor de cada uma. Dessa forma, fica evidente que os resultados encontrados pelo método PASTEL UV<sup>®</sup> nas amostras naturais ou formuladas com presença de amônia, representam o nitrogênio mineral, ou seja, nitrato e amônia, e não somente nitrato como sugere o aparelho. Souto et al., (2006) citam como possíveis interferentes da leitura de nitrato na região UV cloretos, fosfatos, sulfato e nitrito, estes autores afirmam que a 13<sup>a</sup> edição do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", já fazia menção sobre a interferência de nitrito e surfactantes na determinação de nitrato por espectrofotometria UV.

Já para análise de nitrato em solo Norman & Stucki (1981) apud Fey e Lana (2009) destacam como principais interferentes na leitura do nitrato em solo a 210 nm, os íons NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe, Pb, Cu, Cl, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> e substâncias orgânicas. O resultado analítico dos teores de nitrato nas amostras analisadas por UV podem gerar dúvidas, em função de estes elementos presentes causarem interferência na faixa de leitura do nitrato. Para Edwards; Hooda; Cook, (2001) a presença da matéria orgânica em amostras de água de diferentes origens foi determinante para superestimação do teor de nitrato pelo método UV, quando comparado com o método de redução da hidrazina, onde o teor de nitrato foi superestimado em até 3,2% em águas com pouca carga orgânica em até 20% em águas com carga orgânica elevada. Esses mesmos autores encontraram um R<sup>2</sup> de 0,99 para a maioria das águas testadas nos dois métodos (UV e redução da hidrazina).

Na formulação das amostras usando nitrato de amônia encontra-se justamente a quantidade observada nos resultados, ou seja, o dobro do valor, pois a composição é de 50% de cada. Na tabela 6 estão os dados encontrados para o nitrato nas respectivas metodologias, bem como os da amônia encontrado pelo método tradicional. Quando divide-se o valor encontrado pelo método UV fica evidente que se trata do somatório entre nitrato e amônia.

Tabela 6 - Resultados das análises de Nitrato e amônia pelos métodos tradicional e UV, e valores esperados.

	-----NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )-----			NH <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	50% valor encontrado
	Tradicional	UV	Esperado	Tradicional	UV
Água natural	1.5	1.0	0	1.3	0,5
	5.4	10.0	5	6.4	5
	7.8	18.8	10	8.6	9,4
	9.7	28.8	15	9.7	14,4
Água destilada	1.9	0.5	0	1.6	0,25
	4.3	9.7	5	4.4	4,85
	7.5	18.6	10	8.6	9,3
	10.6	26.8	15	11.8	13,4

Na sequência da avaliação com o espectrofotômetro UV, novos testes foram realizados (Figura 2), porém utilizou-se nitrato de sódio para elaboração dos pontos da curva teste. Foi possível verificar que os resultados encontrados pelos dois métodos foram próximos dos esperados, e da mesma forma, apresentando uma pequena subestimação para o método tradicional e para o método UV, não sendo maior do que 13 mg.L<sup>-1</sup> quando o esperado seria de 15 mg.L<sup>-1</sup>.

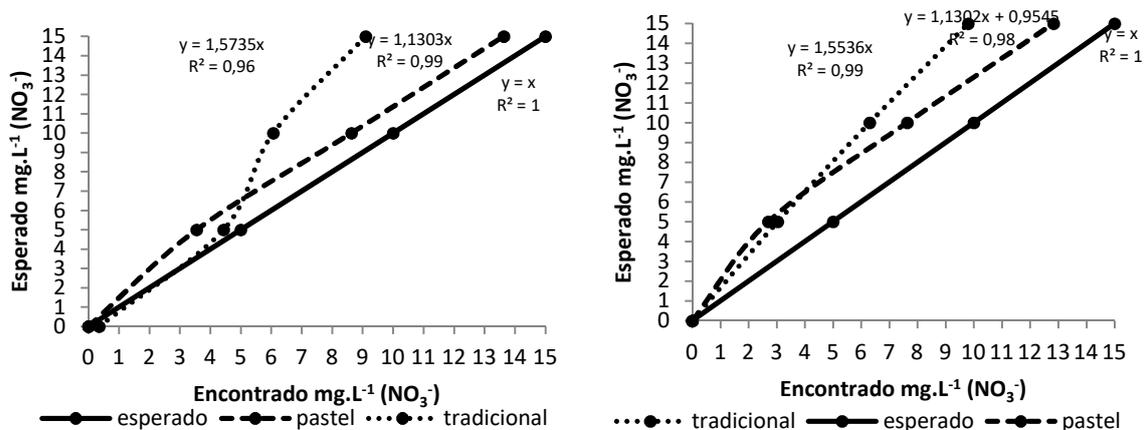


Figura 2 - Resultados médios encontrados nas análises realizadas pelos métodos tradicional e PASTEL UV<sup>®</sup> em solução de nitrato de sódio preparada com efluente de abatedouro (esquerda) e água natural (direita), contrapondo com o a curva esperada.

O aparelho PASTEL UV<sup>®</sup> permite a leitura para quatro diferentes tipos de amostras, ou seja, em seu conjunto de dados usados para calibração e conseqüentemente elaboração da equação para estimativas da concentração dos parâmetros considera um fator de correção diferente se a amostra é de origem natural, efluentes, efluentes tratados biologicamente ou tratado quimicamente. No caso específico do nitrato, esse valor de correção é o mesmo, então não há diferença se a leitura for feita em qualquer uma das quatro categorias.

Roig et al., (2007) utilizando o PASTEL UV<sup>®</sup> em testes a campo para análise do teor de nitrato em água natural encontrou uma boa correlação entre a leitura do espectrofotômetro ( $R^2=0,85$ ) e o teste padrão em laboratório (cromatografia iônica-IC) ( $R^2 =0,78$ ). Edwards; Hooda; Cook, (2001) encontraram para o método UV de determinação de nitrato em águas o valor de 0,967 para o  $R^2$ . Já Thomas; Burgess, (2007) comparando o método UV com o método padrão Kjeldahl, encontraram para o método Kjeldahl um  $R^2$  de 0,99 e para o método UV  $R^2$  de 0,97, mostrando assim uma boa correlação e boa precisão entre os dois métodos.

Para Souto et al., (2006) os métodos espectrofotométricos UV para a determinação de nitrato em águas são extremamente atraentes devido à simplicidade e ao baixo custo, mas o uso de tais métodos deve ser criterioso tendo em vista as interferências na região do espectro em que procuram trabalhar e o conhecimento prévio que se deve ter da origem da amostra de água a ser analisada. Para esses mesmo autores método oriundo do “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 1971”, embora inclua em seu procedimento uma correção para a presença de orgânicos, não é absolutamente infalível neste propósito, pois a correção é essencialmente empírica.

### **Avaliação para DBO:**

O comportamento das curvas para a DBO em água destilada com adição de ácido glutâmico/glicose e sem adição de semente (esterco), entre o método tradicional ( $DBO_{5,20}$ ) e o PASTEL UV<sup>®</sup>, apresentaram valores de DBO abaixo do esperado (Figura 3). Ambos os casos apresentam uma distância grande da curva padrão, com destaque para a curva do PASTEL UV<sup>®</sup> que apresentou valores próximos de zero, isso possivelmente devido à glicose ser lida a partir de um comprimento de onda superior ao do PASTEL UV<sup>®</sup>, consegue realizar leituras até o limite de comprimento de onda máximo em 350 nm.

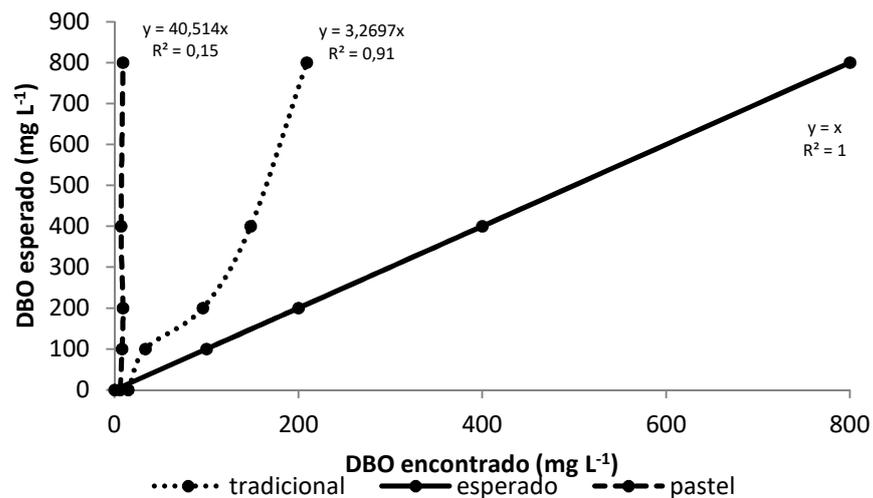


Figura 3 - DBO de amostras elaboradas com adição de ácido glutâmico/glicose em água destilada para valores esperados entre 0 e 800 mg.L<sup>-1</sup> de DBO analisadas pelo método tradicional DBO<sub>5,20</sub> e PASTEL UV<sup>®</sup>, sem adição de nutrientes e semente.

Com adição de semente (esterco) ocorreu uma alteração no comportamento das curvas (Figura 4), o método tradicional apresentou valores próximos ao da curva padrão (DBO esperada), já a curva do PASTEL UV<sup>®</sup> apresentou valores novamente abaixo da curva padrão e da curva do método tradicional mostrando uma limitação na leitura da glicose pelo PASTEL UV<sup>®</sup> devido ao comprimento de onda utilizado pelo aparelho ser 200 a 350 nm e a glicose ter sua melhor absorção em um comprimento de onda maior.

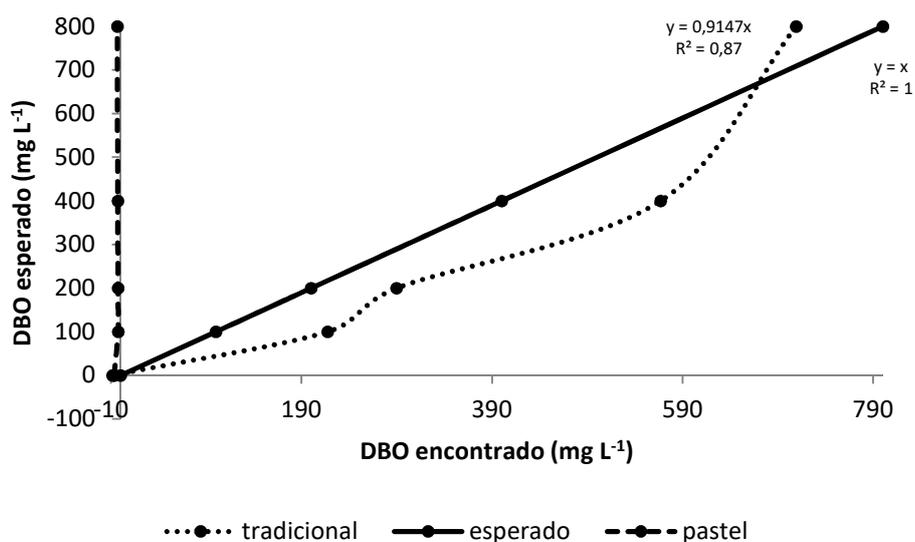


Figura 4 - DBO de amostras elaboradas com adição de ácido glutâmico/glicose em água destilada para valores esperados entre 0 e 800 mg.L<sup>-1</sup> de DBO analisadas pelo método

tradicional DBO<sub>5</sub> e PASTEL UV<sup>®</sup>, com adição de efluente de abatedouro de 10% do volume (rico em nutrientes e sementes).

Chevalier, et al., (2002) encontraram  $R^2 = 0,61$  para a DBO<sub>5,20</sub> realizando teste no espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> e seguindo o protocolo do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Para Constant et al., (2009) e Gonzalez et al., (2007) os dados obtidos (qualitativa e quantitativa) pelo PASTEL UV<sup>®</sup> são bastante relevantes e robustos, podendo assim ser integrado no processo de tomada de decisão e no gerenciamento de recursos hídricos. Onde a performance do espectrofotômetro UV portátil foram avaliadas e comparadas com um método de referência e apresentaram boa correlação. Segundo esses autores, os critérios de desempenho foram verificados em condições de campo para avaliar o impacto dessas condições e demonstrar a portabilidade do instrumento.

A figura 5 apresenta, para o parâmetro da DBO, o comparativo entre o método tradicional (DBO<sub>5,20</sub>) e as quatro diferentes tipos de calibrações disponíveis no aparelho sendo que a curva que melhor se aproximou do método tradicional foi do OUTB (a qual seria a calibração para análise de água oriunda de tratamento biológico), mostrando, portanto que o efluente de abatedouro deve ser analisado nesta referida calibração do PASTEL mesmo havendo uma subestimação do valor em baixas concentrações de efluente. Sendo que a curva da calibração INFL (efluente contendo um máximo de 40% de esgoto industrial) superestimou principalmente em altas concentrações de efluente, já em baixas concentrações o comportamento da curva ficou muito próximo da curva do método tradicional. Já as curvas do OUTP (calibração para efluentes oriundos de processo de tratamento físico ou químico) e NWAT (água natural de rios, lagos) ficaram abaixo da curva da DBO<sub>5,20</sub>, mas seguiram o mesmo comportamento ascendente tanto em baixa concentração com em altas concentrações.

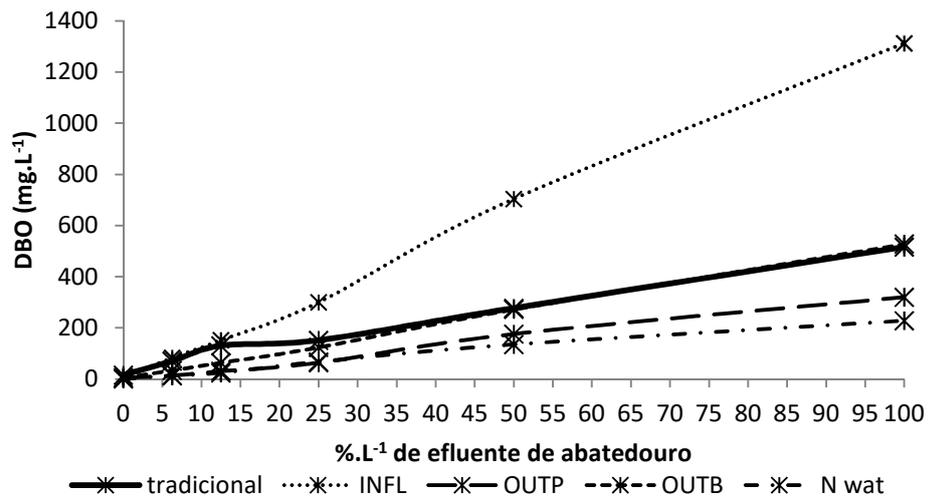


Figura 5 - DBO de amostras elaboradas a partir de uma amostra de efluente de abatedouro diluída em água destilada formando seis amostras com volumes equidistantes, analisados pelo método tradicional e PASTEL UV<sup>®</sup> nas quatro categorias.

As calibrações NWAT, OUTB e OUP subestimam os valores de DBO (Tabela 7). Embora as amostras sejam de água de lago, a coleta foi realizada em um ponto de descarga de esgoto doméstico, esse detalhe sugere que a categoria do PASTEL UV<sup>®</sup> a ser usada é a de efluente (INFL), pois foi a que apresentou o resultado mais próximo do encontrado pelo método tradicional. Considerando a média do período, a diferença entre o tradicional e o UV foi de 18 a mais no UV, e a mínima no período foi de 23 mg.L<sup>-1</sup> a mais no UV, e para a máxima a diferença foi de 2,0 mg.L<sup>-1</sup>.

Tabela 7 – Médias, mínimos e máximos de DBO analisados pelo método tradicional e UV, realizadas em água natural com descarga de efluente, exposta em ordem crescente de valores ao longo de nove coletas realizadas entre novembro de 2015 e fevereiro de 2016.

	N WAT	INFL	OUTB	OUP	TRADICIONAL
Média	21.0	104.1	46.7	16.1	86.5
Mínimo	14.6	76.5	31.5	9.9	54.0
Máximo	28.4	121.0	102.0	20.0	119.0

Na figura 6 é apresentado as curvas do comparativo entre o PASTEL UV<sup>®</sup> e o método tradicional para o parâmetro da DBO em nove amostras de esgoto doméstico pré-tratado durante o período de novembro de 2015 a fevereiro de 2016, onde a curva do OUTB foi a que apresentou comportamento e tendência semelhante ao método tradicional porém com valores bem abaixo do encontrados no método tradicional. A curva que mais se aproximou dos

valores da curva tradicional, mesmo subestimando, foi a curva da categoria efluente bruto mostrando assim que ao analisar esgoto doméstico a análise deve ser na categoria efluente bruto.

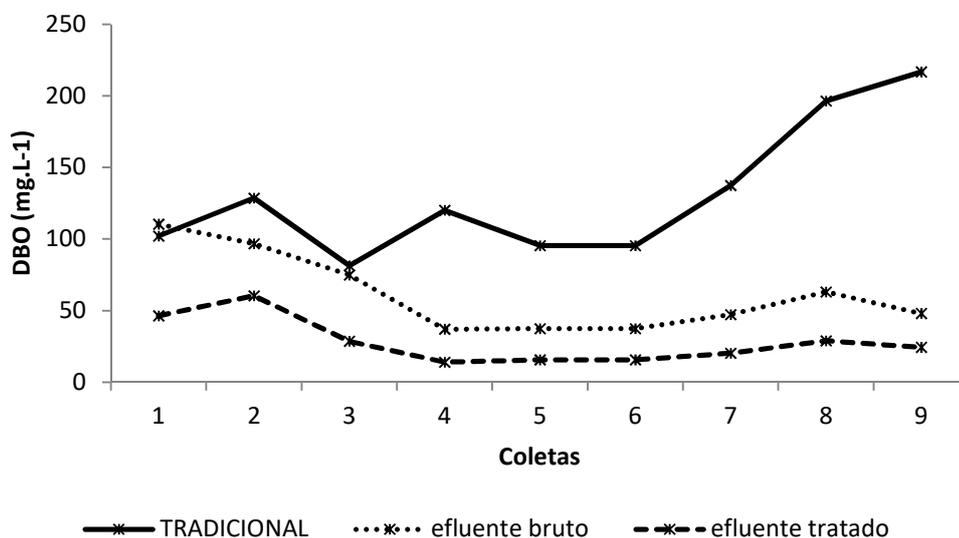


Figura 6 - Médias de três repetições de análises de DBO pelo método tradicional e UV, realizadas em esgoto doméstico pré-tratado (fossa séptica), exposta em ordem crescente de valores ao longo de nove coletas realizadas entre novembro de 2015 e fevereiro de 2016.

Entre as quatro categorias que o PASTEL UV<sup>®</sup> trabalha, a categoria efluente bruto apresentou os melhores valores mais próximos do método tradicional (Tabela 8). Onde, tomando como base os valores mínimo e máximo em cada método, a variação para o valor mínimo foi de 43 mg.L<sup>-1</sup> e de 111 mg.L<sup>-1</sup>) ficando evidente a subestimação dos dados pelo PASTEL UV<sup>®</sup>.

Tabela 8 - Médias, mínimos e máximos de DBO analisados pelo método tradicional e UV, realizadas em esgoto doméstico pré-tratado (fossa séptica), exposta em ordem crescente de valores ao longo de nove coletas realizadas entre novembro de 2015 e fevereiro de 2016.

	N WAT	INFL	OUTB	OUTP	TRADICIONAL
Média	11.1	61.3	28.2	12.6	130.3
Mínimo	5.6	34.0	13.9	4.6	77.0
Máximo	46.0	111.0	100.0	40.0	222.0

## Conclusões:

Apesar da simplicidade, o PASTEL UV<sup>®</sup>, mostrou eficiente e confiável na determinação rápida dos parâmetros NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e DBO. A sua melhor aplicação se dá para uma determinação rápida e exploratória de elevada quantidade de amostras, sendo que quando há a necessidade de uma maior precisão e confiabilidade nos resultados se faz necessário o uso de métodos mais precisos. Ficou evidente que o método UV pode facilmente sofrer interferências de outros compostos presentes na amostra principalmente para o íon nitrato. Mas mesmo assim o método se mostra interessante, pois possibilita a análise *in loco* e em um curto intervalo de tempo evitando assim alterações na amostra, devido transporte e manuseio.

Edwards; Hooda; Cook, (2001) afirmam que o melhor comprimento de onda para a leitura do nitrato é de 205 a 220 nm sendo que neste comprimento de onda a leitura do nitrato sofre menos interferência de cloretos e compostos orgânicos, portanto seria interessante se o PASTEL UV<sup>®</sup> possibilitasse a seleção do comprimento de onda ideal no momento de análise e busca de um determinado contaminante em específico como o nitrato.

Sobre a superestimação e/ou subestimação dos parâmetros estudados nesse trabalho, e devido ao fato de o PASTEL UV<sup>®</sup> não permitir uma seleção do comprimento de onda a ser utilizado para cada parâmetro, recomenda-se para uma análise mais específica com auxílio de algum catalisador que auxilie na determinação ou redução de possíveis interferentes presentes na amostra a ser estudada, como por exemplo, a matéria orgânica. Com a eliminação destes interferentes será possível determinar um fator de correção preciso a ser aplicado no resultando da análise da amostra pura, visando assim obter uma maior precisão e confiabilidade na leitura do espectrofotômetro. Assim não há a necessidade do preparo e tratamento da amostra em cada análise que é o diferencial deste equipamento em relação aos testes tradicionais.

O PASTEL UV<sup>®</sup> torna-se uma ferramenta importante em análises que demandam de rapidez e até mesmo análises contínuas de amostras de água devido a sua portabilidade e praticidade de uso auxiliando assim uma rápida tomada de decisão em caso de um sinistro em determinado corpo hídrico. Para análises que por ventura exijam uma confiança elevada e alta precisão além do PASTEL UV<sup>®</sup>, recomenda-se lançar mão em conjunto de outras técnicas laboratoriais e métodos de análise que possibilitem maior precisão nos resultados.

## Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10738**: Água - Determinação de surfactantes aniônicos pelo método espectrofotométrico do azul-de-metileno. Rio de Janeiro: Abnt, 1989. 7 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614**: Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 5 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13796**: Água - Determinação de nitrogênio orgânico, Kjeldahl e total – Métodos macro e semimicro Kjeldahl. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 5 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 71 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 41 p.

ANDRADE, Eunice M. de et al. SELEÇÃO DOS INDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS PELO EMPREGO DA ANÁLISE MULTIVARIADA. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.683-690, dez. 2007.

BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Moutinho. Educação para a água. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.211-226, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200014>. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10302/11957>>. Acesso em: 09 maio 2017.

CHEVALIER, L.r; IRWIN, C.n; CRADDOCK, J.n. Evaluation of InSpectra UV Analyzer for measuring conventional water and wastewater parameters. **Advances In Environmental Research**, [s.l.], v. 6, n. 3, p.369-375, set. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1093-0191\(01\)00098-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1093-0191(01)00098-3).

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. American Public Health Association (APHA), 20ª edição, 1999.

CONSTANT, Daniel et al. UV Spectrophotometry: Environmental Monitoring Solutions. In: GONZALEZ, Catherine; GREENWOOD, Richard; QUEVAUVILLER, Philippe. **Rapid Chemical and Biological Techniques for Water Monitoring**. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. p. 91-106.

EDWARDS, Anthony C.; HOODA, Peter S.; COOK, Yvonne. Determination of nitrate in water containing dissolved organic carbon by ultraviolet spectroscopy. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 49-59, 2001.

FEY, R.; LANA, M. C.. Determinação de nitrato por espectrofotometria de absorção ultravioleta em solos adubados com dejetos de suínos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 8, n. 1, p.113-126, jul. 2009. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/3836>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

GONZALEZ, C. et al. Validation procedure for existing and emerging screening methods. **Trac Trends In Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.315-322, abr. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2007.01.003>.

LABCONCO. **A Guide To kjeldahl nitrogen determination methods and apparatus**. Houston: Labconco, 2005. 13 p

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **EMBRAPA - Documento 232**, p. 69, 2011.

ROIG, B. et al. The use of field studies to establish the performance of a range of tools for monitoring water quality. **Trac Trends In Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.274-282, abr. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2007.02.005>.

SECOMAM. Portable UV analyzer for water quality. User manual. n. 3, p. 4–5, 2017.

SIQUEIRA, Gilmar W. et al. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 42, n. 3, p.413-422, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672012000300014>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672012000300014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672012000300014)>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SOUTO, Marco A. M. et al. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [S.l.], v. 65, n. 1, p. 66-70, jan. 2006. ISSN 1983-3814. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/rialutz/article/view/23411/24260>>. Acesso em: 09 mai 2017.

THOMAS, Olivier; BURGESS, Christopher. **UV-visible Spectrophotometry of Water and Wastewater**. Québec: Elsevier Science, 2007. 372 p.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> mostrou-se eficiente, o mesmo pode ser utilizado em campanhas de monitoramento de água em locais remotos. O método UV também se mostra um método prático e baixo de custo.

Eles permitem a simplificação da cadeia de medição e eliminam alguns passos (preservação, transporte e armazenamento) durante os quais a modificação da amostra pode ocorrer. PASTEL UV, por exemplo, não requer pré-tratamento, adição de reagentes ou calibração no local. A análise pode ser concluída dentro de 1 min a partir do momento em que a amostra é retirada, minimizando quaisquer alterações na amostra.

### 6.1. Dicas fundamentais para uso do espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup>:

O espectrofotômetro PASTEL UV<sup>®</sup> é um equipamento simples, versátil, de fácil utilização e manuseio, mas alguns cuidados são indispensáveis e fundamentais para sua correta utilização e confiabilidade nos dados a serem lidos. Ao ligar o aparelho retirar a cubeta e verificar se mesma apresenta-se limpa e sem marcas ou manchas internamente e externamente que possa comprometer ou influenciar a leitura da amostra pelo espectrofotômetro, caso haja necessidade realizar a limpeza da mesma utilizando água destilada tomando cuidado para não danificar a cubeta durante a limpeza, repetir o processo de limpeza no mínimo duas vezes, e se preciso, fazer uso de hastes de algodão para remoção de incrustações. Antes de inicializar a bateria de testes recomenda-se realizar a primeira leitura utilizando-se água destilada como a amostra zero (branco) da bateria de testes.

Como o PASTEL UV<sup>®</sup> apresenta dois comprimentos de caminho óptico (5 e 10 mm) recomenda-se para amostras muito concentradas e sem diluição que a leitura seja realizada no caminho óptico de 5 mm pois assim a distância a ser percorrida pelo feixe de luz será mais curto possibilitando assim a leitura direta da amostra pura, ou pelo menos diminuindo o valor da diluição caso solicitado, por outro lado, se a amostra apresentar expectativa de baixa concentração, recomenda-se realização da leitura no caminho de 10 mm, que possibilita que o feixe de luz passe por trecho mais longo da amostra trazendo assim uma leitura mais detalhada da amostra e mais próxima do real teor do contaminante.

Para amostras que necessitam diluição deve-se ter atenção ao fator de diluição solicitado que não deve ser multiplicado pelo valor lido da amostra reintroduzida no equipamento, pois a multiplicação é efetuada de maneira automática pelo próprio

equipamento. Já quando se deseja repetir a leitura da amostra diluída na mesma categoria ou realizar a leitura da amostra diluída nas demais categorias do PASTEL UV<sup>®</sup> deve-se ter o cuidado de realizar a multiplicação da leitura pelo fator de diluição utilizado na diluição (é possível saber se a leitura foi multiplicada observando o valor de diluição mostrado no visor do aparelho). Com relação às categorias de análise recomenda-se que águas naturais (lagos, rios) sejam analisadas na categoria NWAT e efluentes como esgoto doméstico e dejetos de abatedouro primário recomenda-se que a análise seja feita na classe INFL.

A leitura precisa do íon nitrato pelo PASTEL UV<sup>®</sup> em amostras concentradas parece sofrer influência da presença de amônia e da matéria orgânica, portanto recomenda-se atenção ao se trabalhar nessas condições para evitar que os dados fiquem mascarados devido a presença de algum interferente. Na análise de amostras muito concentradas, ao realizar a leitura em qualquer categoria, o PASTEL no momento da leitura vai solicitar a diluição e apresentar o fator de diluição na tela, ou seja, o próprio equipamento vai dizer quantas vezes a amostra deve ser diluída, portanto deve se ter o cuidado de seguir as orientações solicitadas pelo aparelho e fator de diluição que está sendo utilizado no momento. Outro fator interessante do PASTEL UV<sup>®</sup> é a possibilidade de alterar o coeficiente de diluição de acordo com a necessidade.

Havendo a necessidade, somente em casos extremos, é possível fazer a calibração do PASTEL UV<sup>®</sup>, para isso basta entrar nas configurações e selecionar a opção calibrar e inserir a cubeta com água destilada livre de contaminantes e objetos estranhos, primeiramente no caminho espectral de 5 mm e posteriormente no caminho 10 mm. Para verificar se a calibração foi efetiva deve-se realizar a leitura da mesma amostra de água destilada e seus valores devem ser próximos de zero, caso contrário deve-se repetir o procedimento de calibração.

## 7 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614**: Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias). Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 5 p.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do BRASIL 2012**. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012. 264 p. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj2sdWEgI7WAhXM4CYKHXRjCgAQFggpMAA&url=http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama\\_Qualidade\\_Aguas\\_Superficiais\\_BR\\_2012.pdf&usg=AFQjCNHeyMqPMMvIKlQm3c\\_o52BwT6WCrA](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj2sdWEgI7WAhXM4CYKHXRjCgAQFggpMAA&url=http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf&usg=AFQjCNHeyMqPMMvIKlQm3c_o52BwT6WCrA)>. Acesso em: 22 jul. 2017.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Portal da Qualidade das Águas**: Avaliação de Qualidade. 2017. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BACHMANN, Roger W.; CANFIELD, Daniel E.. Use of an alternative method for monitoring total nitrogen concentrations in Florida lakes. **Hydrobiologia**, Gainesville, v. 323, n. 1, p.1-8, abr. 1996. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00020542>.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 mar. 2005. Diário Oficial da União nº 053, 17 mar. 2005, seção 1, pág. 58-63. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 03 abr. 2017.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. American Public Health Association (APHA), 20ª edição, 1999.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo:

Oficina de Textos, 2012. 223 p

EDWARDS, Anthony C.; HOODA, Peter S.; COOK, Yvonne. Determination of nitrate in water containing dissolved organic carbon by ultraviolet spectroscopy. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 49-59, 2001.

EPA, United States Environmental Protection Agency. **25 years of the Safe Drinking Water Act : history and trends**. Washington: The Office, 1999. 59 p. Disponível em: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015049629390;view=1up;seq=4>>. Acesso em: 5 ago. 2017.

FERREIRA, Fernanda da Silva. **QUALIDADE DA ÁGUA NAS BACIAS DO RIO SEPOTUBA E JAUQUARA- MT, PARA USO DOMÉSTICO E AGRÍCOLA**. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ambientes e Sistema de Produção Agrícola), Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2015. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi3xsTii47WAhXG7SYKHTf\\_A-YQFggnMAA&url=http://portal.unemat.br/media/files/QUALIDADE-DA-AGUA-NAS-BACIAS-DO-RIO-SEPOTUBA-E-JAUQUARA-MT-PARA-USO-DOMOSTICO-E-AGRICOLA.pdf&usg=AFQjCNFhC0i\\_GSH5cKOxGUJ9\\_QW5BCKcmg](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi3xsTii47WAhXG7SYKHTf_A-YQFggnMAA&url=http://portal.unemat.br/media/files/QUALIDADE-DA-AGUA-NAS-BACIAS-DO-RIO-SEPOTUBA-E-JAUQUARA-MT-PARA-USO-DOMOSTICO-E-AGRICOLA.pdf&usg=AFQjCNFhC0i_GSH5cKOxGUJ9_QW5BCKcmg)>. Acesso em: 24 jul. 2017.

FIGUEIREDO, Leandra Dias Soares et al. A gestão de resíduos de laboratório nas instituições de ensino superior - uma análise crítica. **Ciência Equatorial**, v. 1, n. 2, 2011.

GERBASE, Annelise E. et al. Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p.3-3, fev. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422005000100001>.

GONZALEZ, Catherine; GREENWOOD, Richard; QUEVAUVILLER, Philippe (Ed.). **Rapid chemical and biological techniques for water monitoring**. John Wiley & Sons, 2009.

GORDON, M. H.; MACRAE, R.. **Instrumental Analysis in the Biological Sciences**.

**Springer**, Blackie, p.92-93, 1989. Springer US. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-1521-6>.

IMBROISI, Denise et al. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p.404-409, abr. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422006000200037>.

INDRAYANI, Ervina et al. ANALISIS KANDUNGAN NITROGEN, FOSFOR DAN KARBON ORGANIK DI DANAU SENTANI-PAPUA (Analysis of Nitrogen, Phosphor and Organic Carbon Content at Lake Sentani-Papua). **Jurnal Manusia dan Lingkungan**, v. 22, n. 2, p. 217-225.

KATSUMITI, Alberto et al. Evaluation five years after a Refinery Oil Spill in freshwater wetland-Paraná State, Southern of Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, n. 2, p. 77-87, 2013.

LESSA, Marina de Moraes. **Destinação de resíduos gerados em laboratório**. Bauru: Conselho Regional de Química - Iv Região (SP), 2010.

LIMA, Eliana Beatriz Nunes Rondon. **MODELAÇÃO INTEGRADA PARA GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO RIO CUIABÁ**. 2001. 206 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MELCHERT, Wanessa Roberto. **Desenvolvimento de procedimentos analíticos limpos e com alta sensibilidade para a determinação de espécies de interesse ambiental**. 2009. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MELCHERT, W; ROCHA, F. A green analytical procedure for flow-injection determination of nitrate in natural waters. **Talanta**, Talanta, v. 65, n. 2, p.461-465, 30 jan. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2004.06.022>.

MOURA, Luiz Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende; PINELLI, Marcelo Pedrosa. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.97-103, 2010. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000100018>.

NASCIMENTO, Elizabeth de Souza; TENUTA FILHO, Alfredo. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, [s.l.], v. 46, n. 2, p.187-198, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-82502010000200004>.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de; CAMPOS, Vânia P.; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Química Nova**, [s.l.], v. 33, n. 5, p.1059-1066, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000500010>.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **EMBRAPA - Documento 232**, p. 69, 2011.

PAVIA, Donald L. et al. **Introduction to spectroscopy**. Cengage Learning, 2008.

PERKAMPUS, Heinz-Helmut; GRINTER, Heide-Charlotte. **UV-VIS Spectroscopy and its Applications**. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

PESSOA, Seyla Poliana Miranda et al. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Interbacia do Rio Paraguai Médio-MT, Brasil. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.119-128, fev. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000100013>.

RASCHE, Eric; KENDRICK, Katie. **Ultraviolet - Visible Spectroscopy (UV)**. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwiw1cvfsI7WAhVE5CYKHf8MAqkQFghPMAQ&url=https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=861863&usg=AFQjCNEcbfoCaP2Jh4ElinGftNsnr201Kw>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

ROCHA, Fábio R. P.; TEIXEIRA, Leonardo S. G.. Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 5, p.807-812, out. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422004000500021>.

RODRIGUES, Elisângela Garcia Santos. **CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DO EFLUENTE DE LAVAGEM EM EMPRESA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS PARA FINS DE REUSO**. 2013. 2013 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós - Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2013.

ROIG, B. et al. The use of field studies to establish the performance of a range of tools for monitoring water quality. **Trac Trends In Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.274-282, abr. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trac.2007.02.005>.

SANDA, Filip Monica et al. **SPECTROPHOTOMETRIC MEASUREMENTS TECHNIQUES FOR FERMENTATION PROCESS**. Disponível em: <<http://imtuoradea.ro/bioethanol/documents.php>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

SECOMAM. Portable UV analyzer for water quality. User manual. n. 3, p. 4–5, 2017.

SENADEERA, Rohan. **UV-Visible Spectroscopy**. Sri Lanka, 2001. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPzbCu1Y7WAhWBJCYKHwBHC2wQFggwMAE&url=http://ifs.nsf.ac.lk/bitstream/handle/1/1632/A\\_6.pdf?sequence=2&isAllowed=y&usg=AFQjCNEFpWLBu8TgmOb75hsRFCT28iTIPw](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPzbCu1Y7WAhWBJCYKHwBHC2wQFggwMAE&url=http://ifs.nsf.ac.lk/bitstream/handle/1/1632/A_6.pdf?sequence=2&isAllowed=y&usg=AFQjCNEFpWLBu8TgmOb75hsRFCT28iTIPw)>. Acesso em: 12 ago. 2017.

SETIOWATI, Setiowati; ROTO, Roto; WAHYUNI, Endang Tri. MONITORING KADAR NITRIT DAN NITRAT PADA AIR SUMUR DI DAERAH CATUR TUNGGAL YOGYAKARTA DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS (Monitoring of Nitrite and Nitrate Content in Ground Water of Catur Tunggal Region of Yogyakarta by UV-VIS Spectrophotometry). **Jurnal Manusia Dan Lingkungan**, Yogyakarta, v. 23, n. 2, p.143-148, 11 jul. 2016. Universitas Gadjah Mada. <http://dx.doi.org/10.22146/jml.18784>. Disponível em: <<https://jurnal.ugm.ac.id/JML/article/view/18784>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

SILVA, Denise de Freitas et al. **Análise de Nitrato e Amônio em Solo e Água**. Sete Lagoa: Embrapa, 2010. 55 p. (114). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/881730/1/doc114.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2017

SILVA, Cesar Aparecido da; YAMANAKA, Elisa Hizuru Uemura; MONTEIRO, Cristiane Schüler. Monitoramento microbiológico da água de bicas em parques públicos de Curitiba (PR). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.271-275, abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016158283>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522017000200271&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000200271&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 15 jul. 2017.

SOUTO, Marco A. M. et al. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [S.l.], v. 65, n. 1, p. 66-70, jan. 2006. ISSN 1983-3814. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/rialutz/article/view/23411>>. Acesso em: 05 sep. 2017.

STIIRMER, Júlio César et al. DESCARTE DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM LABORATÓRIOS: UMA DISCUSSÃO RECENTE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: Ibeas, 2014. p. 001 - 001. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/congresso5.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2014.

THOMAS, Olivier; BURGESS, Christopher. **UV-visible Spectrophotometry of Water and Wastewater**. Québec: Elsevier Science, 2007. 372 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=F9B6yU3aNOEC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=F9B6yU3aNOEC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 25 jul. 2017.

TUCCI, Carlos E. M.; OSCAR, Ivanildo Hespagnol; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129870POR.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda

química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**, [s.l.], v. 22, p.49-66, 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-46701997000100005>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46701997000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005)>. Acesso em: 18 ago. 2017.

VIANA, Robson Dantas et al. Minimização da toxidez do resíduo gerado na determinação de nitrogênio total (método Kjeldahl) pela eliminação do selênio. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA AMBIENTAL, 4., 2008, Aracaju. **Anais...** . Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p. 1 - 1. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69402/1/Daniel.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

VO, Kevin. **Spectrophotometry**. Disponível em: <[https://chem.libretexts.org/Core/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry/Kinetics/Reaction\\_Rates/Experimental\\_Determination\\_of\\_Kinetics/Spectrophotometry](https://chem.libretexts.org/Core/Physical_and_Theoretical_Chemistry/Kinetics/Reaction_Rates/Experimental_Determination_of_Kinetics/Spectrophotometry)>. Acesso em: 29 jul. 2017.

WOLKMER, Maria de Fátima; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, Florianópolis, v. 34, n. 67, p.165-198, 9 dez. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2177-70552013000200007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2177-70552013000200007&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 10 ago. 2017.