



Universidade de Brasília – Instituto de Geociências
Pós Graduação em Geociências Aplicadas

PAPEL DA *WETLAND* DO RIACHO FUNDO NO CONTROLE
DA EUTROFIZAÇÃO DO LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA -
DISTRITO FEDERAL

Rodrigo Zolini Dias

Dissertação de Mestrado Nº 46

Brasília, abril de 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS

PAPEL DA *WETLAND* DO RIACHO FUNDO NO CONTROLE
DA EUTROFIZAÇÃO DO LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA -
DISTRITO FEDERAL

RODRIGO ZOLINI DIAS

Orientador Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Dissertação de Mestrado

Área de Geoprocessamento e Análise Ambiental

Brasília
Março de 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS

PAPEL DA *WETLAND* DO RIACHO FUNDO NO CONTROLE
DA EUTROFIZAÇÃO DO LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA -
DISTRITO FEDERAL

Rodrigo Zolini Dias

Dissertação de Mestrado submetida
ao Instituto de Geociências como
parte dos requisitos necessários à
obtenção de grau de mestre em
Geociências Aplicadas.

Aprovada por:

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (IG-UnB)
(Orientador)

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura (IG-UnB)
(Examinador Interno)

Dr. Fernando Luis do Rego Monteiro Starling (CAESB)
(Examinador Externo)

Brasília, abril de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Dias, Rodrigo Zolini

Papel da wetland do Riacho Fundo no controle da eutrofização do Lago Paranoá, Brasília - Distrito Federal. / Rodrigo Zolini Dias; orientação Gustavo Macedo de Mello Baptista. - Brasília, 2013.

107fls.

Dissertação de Mestrado (M) - Universidade de Brasília / Instituto de Geociências, 2013.

1. *Wetland*; 2. Riacho Fundo; 3. Eutrofização

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DIAS, R. Z. **Papel da wetland do Riacho Fundo no controle da eutrofização do Lago Paranoá, Brasília - Distrito Federal.** Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2013, 107 fls. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rodrigo Zolini Dias

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Papel da wetland do Riacho Fundo no controle da eutrofização do Lago Paranoá, Brasília - Distrito Federal.

GRAU: Mestre

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Rodrigo Zolini Dias

rodrigozolini@gmail.com

*"Se houvesse apenas uma única verdade,
não poderiam pintar-se cem telas
sobre o mesmo tema"*

Pablo Neruda

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todos que me guiaram e protegeram durante as coletas desse projeto.

A minha família pela eterna paciência, amor, carinho, atenção e apoio e sempre estar ao meu lado em todos os momentos felizes e tristes vividos ao longo dessa jornada.

A minha namorada, Raquel Alves Medeiros, pelo companheirismo nas horas de risos e lágrimas e também na ajuda das coletas, sendo exemplo único de dedicação e de amor.

Ao orientador, Prof. Dr. Professor Gustavo Macedo M. Baptista, pelo incentivo e apoio em todos os momentos difíceis, de execução e elaboração desse projeto.

Ao Prof. Dr Perseu Fernandes dos Santos, *in memoriam*, pela ajuda com os tratamentos estatísticos dos dados e sabedoria de vida.

Aos amigos, Daniel M. Dubgras, Lucas F. Zabulon, Diego N. Nascimento e Vinicius C. Souza, Felipe L. R Barbosa, pela amizade e pelo auxílio nas coletas e devaneios intelectuais durante todo o período da pesquisa.

Ao Laboratório de Águas da Universidade Católica de Brasília pelo auxílio nas análises e execução da pesquisa.

A Universidade Católica de Brasília pelo acolhimento a execução da minha pesquisa.

A Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) pelo fornecimento de dados para auxílio na confecção da dissertação.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para esta pesquisa ser concluída.

Resumo

O estudo e conservação das áreas alagadas naturais é uma importante medida para entender e realizar a gestão dessas áreas. Essa capacidade de retenção de nutrientes das áreas alagadas leva a um conjunto de valores, estes relacionados aos serviços que são proporcionados por estes ecossistemas. A área úmida de interesse, que para este estudo é denominada *Wetland* do Riacho Fundo, está localizada na foz do Ribeirão do Riacho Fundo até seu exutório no Lago Paranoá. O presente trabalho se faz necessário devido à lacuna de estudos sobre a prestação de serviços ecossistêmicos e teve como objetivo principal a avaliação desses serviços prestados pela *wetland* do Riacho Fundo. Para se avaliar os serviços prestados pela *wetland* do Riacho Fundo foram realizadas coletas de amostras de água durante doze meses e realizadas análises dos parâmetros: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, nitrogênio total e fósforo total. Os resultados foram avaliados por meio de testes estatísticos não paramétricos. Para os parâmetros nitrogênio total e fósforo total foi aplicado o percentual de retenção desses nutrientes na *wetland*. Juntamente com as análises foi realizado um estudo multi-temporal por meio de imagens de satélite Landsat dos anos de 1973, 1985, 1995, 2005 e 2011 para se entender o processo de formação e de evolução da *wetland*. As análises mostraram uma eficiência de retenção média de 36,64% de nitrogênio total e de 33,66% de fósforo total. As imagens mostraram uma perda de 84,07% da área de lago ao longo de trinta e dois anos. A *wetland* do Riacho Fundo está prestando um serviço ecossistêmico de retenção de nutrientes que aportariam no Lago Paranoá. Esse serviço é de suma importância visto que o lago em um futuro próximo será utilizado para tomada de água para tratamento e distribuição a população do Distrito Federal.

Palavras-chave: *Wetland*; Riacho Fundo; Eutrofização

ABSTRACT

The study and conservation of wetlands it is an important measure to understand and to carry through the management of these areas. The nutrients retention capacity of wetlands leads to a set of values related to the services that are proportionate for these ecosystems. The wetland of interest, for this study is called Riacho Fundo's Wetland, is located in the estuary of the Riacho Fundo until its estuary in Paranoá lake. The present research is required due to gap of studies on the ecosystemic services rendering and had as main objective the evaluation these services render by Riacho Fundo's Wetland. To evaluate the services rendered by Riacho Fundo's Wetland water samples were collected during twelve months. The parameters N-total, N-org, NH_4^+ , NO_2 , NO_3 and P-total were analyzed and data treated with non parametric statistics tests. To evaluate the ecosystemic service it was calculated the percentage retention of N-total and P-total between the beginning and two exits in wetland . Together with the water analyses a multi-temporal study was carried through Landsat satellite images of the years of 1973, 1985, 1995, 2005 and 2011 to understand the process of formation and evolution of the wetland. The analyses had shown a global retention efficiency of 36,64% of total nitrogen and 33,66% of total phosphorous. The images had shown a loss of 84% of the original lake's area during thirty two years. Riacho Fundo's wetland is performing an ecosystemic service by retaining nutrients that would arrive in Paranoá lake. This service is of utmost importance since the lake in a next future will be used for water captivating for treatment and distribution to the population of the Distrito Federal.

Keywords: wetland; Riacho Fundo; eutrofication

Lista de Figuras

FIGURA 1 - CICLO DO NITROGÊNIO EM <i>WETLANDS</i> ADAPTADO DE VEPRASKAS E FAULKNER (2001). PROCESSOS- 1. FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO; 2. AMONIFICAÇÃO; 3. NITRIFICAÇÃO; 4. DESNITRIFICAÇÃO E 5. IMOBILIZAÇÃO.	13
FIGURA 2 - CICLO DO FÓSFORO EM <i>WETLANDS</i> ADAPTADO DE VEPRASKAS E FAULKNER (2001). PROCESSOS- 1. MINERALIZAÇÃO; 2. IMOBILIZAÇÃO; 3. FIXAÇÃO	17
FIGURA 3 - UNIDADE HIDROGRÁFICA DO RIACHO FUNDO.....	24
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DA <i>WETLAND</i> DO RIACHO FUNDO NO BRAÇO DO RIACHO FUNDO DO LAGO PARANOÁ (BRASÍLIA-DF) E AS ÁREAS VIZINHAS - <i>WETLAND</i> DO RIACHO FUNDO (1), CONJUNTOS HABITACIONAIS DO BAIRRO LAGO SUL (2), BAIRRO VILA TELEBRASÍLIA (3), CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIEURO (4), ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUL DA COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL (5) E JARDIM ZOOLOGICO DE BRASÍLIA (6).	27
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DOS CINCO PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA AO LONGO DA <i>WETLAND</i> DO RIACHO FUNDO NO LAGO PARANOÁ. PONTO 1 - FINAL DA UH RIACHO FUNDO, PONTO 2 - PONTO INTERMEDIÁRIO, PONTO 3 - CONFLUÊNCIA GRANDE LAGOA COM RIO PRINCIPAL, PONTO 4 - SAÍDA PRINCIPAL E PONTO 5 - PONTE PRESIDENTE MEDICI E EMISSÁRIO ETE SUL.	29
FIGURA 6 - PONTO 1 DE COLETA	30
FIGURA 7 - PONTO 1 DE COLETA - PONTE SENTIDO ASA SUL.	31
FIGURA 8 - PONTO 1 DE COLETA - PONTE SENTIDO AEROPORTO.....	31
FIGURA 9 - PONTO 2 - MEIO DA <i>WETLAND</i>	32
FIGURA 10 - PONTO DE COLETA 2 - VEGETAÇÃO A MARGEM DIREITA.....	33
FIGURA 11 - MOSAICO DA VEGETAÇÃO A MARGEM ESQUERDA DO PONTO DE COLETA 2V	33
FIGURA 12 -1 - <i>LUDWIGIA OCTOVALVIS</i> E 2 - <i>POLYGONUM FERRUGINEUM</i>	34
FIGURA 13 - PONTO 3 DE COLETA - CONFLUÊNCIA COM O SEGUNDO BRAÇO DE SAÍDA	35
FIGURA 14 - PONTO 3 – 1) MARGEM ESQUERDA OS EUCALIPTOS DA ETE SUL (VISADA À JUSANTE) E 2) ENTRADA PARA A LAGOA E PONTO DE COLETA (VISADA À MONTANTE).	35
FIGURA 15 - 1- GRAMÍNEA AQUÁTICA E 2- <i>ALTERNANTHERA PHILOXEROIDES</i>	36
FIGURA 16 - 1 - <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> , 2- <i>ALTERNANTHERA PHILOXEROIDESPELA</i> E 3 - <i>LUDWIGIA OCTOVALVIS</i>	37
FIGURA 17 - PONTO 4 – 1) A FOZ DA <i>WETLAND</i> E 2) A VISADA DA FOTO.	38
FIGURA 18 - PONTO DE COLETA 5 PONTE PRESIDENTE MEDICI.	39
FIGURA 19 - IMAGEM DO ANO DE 1973 A ESQUERDA E A DIREITA A IMAGEM DO ANO DE 1985. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTES À ÁREA DE ÁGUA.	47
FIGURA 20 - IMAGEM DO ANO DE 1985 ACIMA E ABAIXO A IMAGEM DO ANO DE 1995. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTES À ÁREA DE ÁGUA E EM VERDE OS PIXELS REFERENTE À VEGETAÇÃO.....	48
FIGURA 21 - IMAGEM DO ANO DE 1995 ACIMA E ABAIXO A IMAGEM DO ANO DE 2005. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTE A ÁREA DE ÁGUA E EM VERDE OS PIXELS REFERENTE A VEGETAÇÃO.....	50
FIGURA 22 - IMAGEM DO ANO DE 1985 A ESQUERDA, DO ANO DE 1995 AO CENTRO E A DIREITA A IMAGEM DO ANO DE 2005. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTE A ÁREA DE ÁGUA E EM VERDE OS PIXELS REFERENTE A VEGETAÇÃO.....	52
FIGURA 23- IMAGEM DO ANO DE 2005 ACIMA E DO ANO DE 2011 ABAIXO. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTE A ÁREA DE ÁGUA E EM VERDE OS PIXELS REFERENTE A VEGETAÇÃO.	54

FIGURA 24 - IMAGEM DO ANO DE 1973 ACIMA E DO ANO DE 2011 ABAIXO. EM VERMELHO OS PIXELS REFERENTE A ÁREA DE ÁGUA E EM VERDE OS PIXELS REFERENTE A VEGETAÇÃO	55
FIGURA 25 - MAPA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL NA SUB-BACIA DO RIACHO FUNDO (TERRCAP, 2008).....	57
FIGURA 26 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO ORGÂNICO NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5.....	59
FIGURA 27 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO ORGÂNICO NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5.....	60
FIGURA 28 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO ORGÂNICO DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	61
FIGURA 29 - CHUVA ACUMULADA MENSAL X CHUVA (NORMAL CLIMATOLÓGICA 61-90). FONTE INMET.....	62
FIGURA 30 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO ORGÂNICO DE JUNHO DE 2012 A OUTUBRO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	63
FIGURA 31 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO AMONÍACAL NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5.....	64
FIGURA 32 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO AMONÍACAL NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5.....	65
FIGURA 33- COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO AMONÍACAL DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	66
FIGURA 34- COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO AMONÍACAL DE JUNHO DE 2012 A OUTUBRO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	66
FIGURA 35 - COMPORTAMENTO DO NITRITO NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5..	68
FIGURA 36 - COMPORTAMENTO DO NITRITO NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5....	69
FIGURA 37 - COMPORTAMENTO DO NITRITO DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	70
FIGURA 38 - COMPORTAMENTO DO NITRITO DE JUNHO DE 2012 A OUTUBRO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	71
FIGURA 39 - COMPORTAMENTO DO NITRATO NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5.	72
FIGURA 40 - COMPORTAMENTO DO NITRATO NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5....	73
FIGURA 41 - COMPORTAMENTO DO NITRATO DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	74
FIGURA 42 - COMPORTAMENTO DO NITRATO DE JUNHO DE 2012 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	75
FIGURA 43 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO TOTAL NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5.....	76
FIGURA 44 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO TOTAL NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5.....	77
FIGURA 45 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO TOTAL DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	78
FIGURA 46 - COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO TOTAL DE JUNHO DE 2012 A OUTUBRO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	79
FIGURA 47 - COMPORTAMENTO DO FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DA CHUVA NOS PONTOS 1 A 5.....	81
FIGURA 48 - COMPORTAMENTO DO FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DA SECA NOS PONTOS 1 A 5.....	82
FIGURA 49 - COMPORTAMENTO DO FÓSFORO TOTAL DE NOVEMBRO DE 2011 A MAIO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	83

FIGURA 50 - COMPORTAMENTO DO FÓSFORO TOTAL DE JUNHO DE 2012 A OUTUBRO DE 2012 NOS PONTOS 1 A 5.....	83
--	----

Lista de Tabelas

TABELA 1 - DATA DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS DA <i>WETLAND</i> DO RIACHO FUNDO	40
TABELA 2 - DATAS DE COLETAS E PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NA SEMANA ANTERIOR À COLETA	42
TABELA 3 - MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS	43
TABELA 4 - ANO DA IMAGEM E ÁREA DE ÁGUA (KM ²)	46
TABELA 5 - MÉDIAS MENSAIS DO NITROGÊNIO ORGÂNICO (MG/L) NOS PONTOS 1 A 5.	58
TABELA 6 - MÉDIAS MENSAIS DO NITROGÊNIO AMONÍACAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 5....	63
TABELA 7 - MÉDIAS MENSAIS DO NITRITO (MG/L) NOS PONTOS 1 A 5.....	67
TABELA 8 - MÉDIAS MENSAIS DO NITRATO (MG/L) NOS PONTOS 1 A 5.	71
TABELA 9 - MÉDIAS MENSAIS DO NITROGÊNIO (MG/L) TOTAL NOS PONTOS 1 A 5.....	75
TABELA 10 - MÉDIAS MENSAIS DO FÓSFORO TOTAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 5.....	80
TABELA 11 - RESULTADOS DO H CALCULADO DA SÉRIE NITROGÊNIO DAS TRIPPLICATAS DE CADA PONTO.....	85
TABELA 12 - RESULTADOS DO H CALCULADO DO FÓSFORO TOTAL DAS TRIPPLICATAS DE CADA PONTO.....	85
TABELA 13 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PONTOS NA SÉRIE DO NITROGÊNIO PERÍODO DE CHUVA.....	86
TABELA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PONTOS NA SÉRIE DO NITROGÊNIO PERÍODO DE SECA.....	86
TABELA 15- COMPARAÇÃO ENTRE OS PONTOS NOS PARÂMETROS FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DA CHUVA.....	88
TABELA 16 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PONTOS NOS PARÂMETROS FÓSFORO TOTAL NO PERÍODO DA SECA	88
TABELA 17 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) DE NITROGÊNIO TOTAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 4.....	90
TABELA 18 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) DE FÓSFORO TOTAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 4	91
TABELA 19 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) DE NITROGÊNIO TOTAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 3.....	91
TABELA 20 - EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO (%) DE FÓSFORO TOTAL (MG/L) NOS PONTOS 1 A 3.	92

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	12
SUMÁRIO.....	1
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 OBJETIVOS.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 <i>WETLANDS</i>	7
2.1.1 <i>Wetlands urbanas</i>	9
2.1.2 <i>Políticas e Legislação</i>	10
2.1.3 <i>Ciclos de nutrientes em wetlands</i>	12
2.1.3.1 <i>Descrição do ciclo do nitrogênio em wetlands</i>	12
2.1.3.1.1 <i>Fixação de Nitrogênio</i>	13
2.1.3.1.2 <i>Amonificação (Mineralização)</i>	14
2.1.3.1.3 <i>Nitrificação</i>	14
2.1.3.1.4 <i>Desnitrificação</i>	15
2.1.3.1.5 <i>Imobilização</i>	16
2.1.3.2 <i>Descrição dos processos do fósforo em wetlands</i>	16
2.1.4 <i>Sensoriamento remoto de wetlands</i>	18
2.2 SERVIÇOS AMBIENTAIS E ECOSISTÊMICOS	20
2.2.1 <i>Conceitos</i>	20
2.2.2 <i>Serviços ambientais e ecossistêmicos de áreas úmidas</i>	22
3 ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA WETLAND DO RIACHO FUNDO	24
3.2 PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA	28
3.2.1 <i>Ponto 1</i>	30
3.2.2 <i>Ponto 2</i>	31
3.2.3 <i>Ponto 3</i>	34
3.2.4 <i>Ponto 4</i>	36
3.2.5 <i>Ponto 5</i>	39
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS	40
4.1.1 <i>Imagens Landsat</i>	40
4.1.2 <i>Processamento</i>	41
4.2 ANÁLISE E COLETA DE ÁGUA	42
4.2.1 <i>Metodologia de coleta</i>	42
4.2.2 <i>Metodologia de análise</i>	43
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE ÁGUA	44
4.3.1 <i>Teste Kruskal-Wallis</i>	44
4.3.2 <i>Teste Wilcoxon-Mann-Whitney</i>	44
4.4 EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO DOS NUTRIENTES	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS	46

5.1.1	<i>Imagens da Evolução da wetland ao longo do tempo</i>	46
5.2	ANÁLISE DE ÁGUA	58
5.2.1	<i>Comportamento do nitrogênio nos pontos e períodos</i>	58
5.2.1.1	Nitrogênio orgânico.....	58
5.2.1.2	Nitrogênio amoniacal.....	63
5.2.1.3	Nitrito	67
5.2.1.4	Nitrato.....	71
5.2.1.5	Nitrogênio total.....	75
5.2.1.6	Comportamento geral da série do nitrogênio	79
5.2.1.7	Fósforo total.....	80
5.2.1.8	Comportamento geral da série do fósforo	84
5.2.2	<i>Resultados dos testes estatísticos</i>	84
5.2.2.1	Testes das triplicadas	84
5.2.2.2	Comparação entre os pontos coletados.....	85
5.2.2.2.1	Nitrogênio.....	86
5.2.2.2.2	Fósforo total.....	87
5.3	CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO	90
5.3.1	<i>Comparação dos pontos 1 a 4</i>	90
5.3.2	<i>Comparação dos pontos 1 e 3</i>	91
5.3.3	<i>Discussão da eficiência de retenção</i>	92
6	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	APÊNDICES.....	102

1 Introdução

A água é um insumo principal à maioria das atividades humanas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. As diversificadas atividades antrópicas e usos múltiplos dos recursos hídricos causam impactos na qualidade da água e geram futuros problemas relacionados à disponibilidade.

Um dos principais fatores que limita o desenvolvimento de uma região é a disponibilidade de água, tanto em qualidade como em quantidade. Muitas vezes o progresso urbano é resumido apenas ao desenvolvimento econômico e tecnológico, esquecendo-se os reais custos sociais e, atrelado a esse, ambientais. As áreas alagadas, ou *wetlands*, se encaixam em uma posição intermediária entre ecossistemas aquáticos e terrestres (SOUZA, 2005).

Welsch *et al.* (1995) defende que as áreas alagadas naturais têm funções como: regular inundações, detendo as águas provenientes de tempestades (reduzindo os picos de inundação); proteger as margens de lagos e áreas da costa de ações erosivas; e promover um melhoramento da qualidade da água, retendo ou transformando o excesso de nutrientes, os sólidos suspensos e metais pesados. Além da função de proteção do ambiente, proporciona componentes como locais de nidificação, de proteção e habitats para a vida selvagem.

A remoção das áreas alagadas para desenvolver atividades agrícolas, ou construção de infraestrutura tem um elevado custo do ponto de vista ecológico, econômico e social. Como há uma ampla gama de serviços ambientais proporcionados pelas áreas alagadas, a remoção destes ecótonos compromete os seguintes processos

como, recarga dos aquíferos, perda de biodiversidade de plantas e animais, aumento de forças erosivas e o transporte de sedimentos, aumento da mortalidade de peixes devido à descarga de material em suspensão em grandes quantidades interferindo no ciclo do oxigênio e reduzindo a conservação de oxigênio dissolvido na água e alterações da qualidade da água após drenar uma área alagada (redução na concentração de fósforo por absorção nas raízes e nos biofilmes de micro-organismos desnitrificação devido à redução de nitratos e nitritos a óxido nitroso e nitrogênio gasoso, redução na concentração de metais pesados (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Esteves (1998) cita exemplos de destruição de *wetlands* no Brasil, especialmente em áreas urbanas ou de elevado interesse econômico. Ainda segundo o autor, o desconhecimento das funções das áreas úmidas pode ter sido responsável pela alteração de tais ambientes, ao mesmo tempo em que, em algumas regiões do país, pode ter contribuído para a preservação das mesmas. Todos esses serviços prestados pelas *wetlands* são prestados por esse ecossistema e por isso são chamados de serviços ecossistêmicos.

O Brasil - que, por suas dimensões, acolhe uma grande variedade de zonas úmidas importantes - assinou a Convenção de Ramsar em setembro de 1993, ratificando-a três anos depois. Essa decisão possibilitou ao país ter acesso a benefícios como cooperação técnica e apoio financeiro para promover a utilização dos recursos naturais das zonas úmidas de forma sustentável, favorecendo a implantação, em tais áreas, de um modelo de desenvolvimento que proporcione qualidade de vida aos seus habitantes (MMA, 2012).

Martini (2006) afirma que a América do Sul é portadora de imensas áreas úmidas, sazonais ou permanentes, cujas dimensões ainda não são conhecidas de forma

satisfatória. O comportamento sazonal dessas áreas tampouco é conhecido, uma vez que demanda um levantamento de dados adequado ao seu comportamento temporal (estacional ou anual), climático e geológico.

A conservação das áreas alagadas naturais é uma importante medida para controlar nutrientes e reciclar poluentes e metais pesados. Tundisi e Tundisi (2010) retratam que essa capacidade de reciclagem e a alta biodiversidade das áreas alagadas levaram à organização e ao estudo de um conjunto de valores para as áreas alagadas, valores estes relacionados os “serviços” proporcionados por estes ecossistemas.

Melack e Hess (2004) ressaltam que apesar da importância ecológica destas áreas, são escassos os estudos e conjuntos de dados existentes que incluam informações a respeito da localização, extensão e outras características básicas.

O destino final das águas da bacia do Riacho Fundo se dá no deságue no Lago Paranoá. Na foz do córrego do Riacho Fundo existe uma área alagada que para esse estudo será denominada *wetland* do Riacho Fundo, que ao longo do tempo, devido ao uso e ocupação da bacia de maneira desordenada cresceu e continua crescendo devido à carga de sólidos e nutrientes advindos da bacia.

Santos *et al* (2011) relatam que apesar de restringir a navegabilidade no lago e prejudicar a harmonia paisagística, fatores que colocam em risco a permanência dela naquele lugar, a *Wetland* do Riacho Fundo possui um importante papel na melhoria da qualidade da água do Lago Paranoá, além de contribuir para uma melhor condição atmosférica na região em torno dela.

Sendo o Brasil signatário da convenção de Ramsar e a *wetland* do Riacho Fundo uma área importante para o equilíbrio ecológico e de conservação do Lago Paranoá, que

em um futuro próximo será utilizado como tomada de água para abastecimento de Brasília, faz-se necessário a realização do presente estudo do comportamento dos nutrientes na *wetland* do Riacho Fundo e de monitoramento do seu crescimento ao longo do tempo com o objetivo de avaliar sua capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos.

1.1 Objetivos

- Objetivo principal:

Avaliar a capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos da Wetland do Riacho Fundo no que tange a melhoria da qualidade da água, considerando a sua capacidade de retenção de nutrientes.

- Objetivo secundário:

Entender o processo de crescimento e avanço da *wetland* ao longo do tempo, considerando os anos de 1973, 1985, 1995, 2005 e 2011 por meio de processamento de imagens de sensoriamento remoto da região.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 *Wetlands*

Kivaisi (2001) define *Wetlands* como áreas de transição entre terra e água, caracterizada por solos encharcados e plantas adaptadas a este tipo de ambiente, que contribuem para a remoção ou redução de contaminantes, incluindo matéria orgânica, inorgânica e patógenos da água.

Hammer (1989) relata uma divergência quanto a ideia do sistema de *wetland* natural que está relacionada com a própria diferença regional de onde se encontram. *Wetlands* recebem, seguram e reciclam nutrientes trazidos de regiões mais altas. Esses nutrientes suportam a abundante micro e macro vegetações que transformam formas inorgânicas em material orgânico necessário para o alimento de animais presentes nesses sistemas.

Na visão de Steinke e Saito (2008) as áreas úmidas resultam de dois fatores, a geomorfologia e os recursos hídricos de um determinado ambiente. O relevo apresenta características que favorecem o acúmulo de água gerando condições para a vida animal e vegetal. As zonas úmidas estão entre os ecossistemas de maior produtividade do planeta beneficiando os aspectos sociais e econômicos da população, principalmente pela disponibilidade de água doce. Logo, requer-se um manejo adequado deste tipo de ambiente.

Para Pedralli e Teixeira (2003) *wetlands* naturais representam, em relação a paisagem, ecossistemas ecótonos entre sistemas terrestres e aquáticos que afetam a distribuição de animais e plantas, os processos microbiológicos, a nutrição das plantas, e a retenção de material particulados. A distribuição das macrófitas depende, além de

outros fatores, da quantidade e qualidade dos sedimentos acumulados, do pulso de inundação, do acúmulo progressivo de nutrientes, do grau de adaptação ao estresse hídrico, da profundidade e histórico da comunidade instalada, do sistema reprodutivo e competição intra e interespecífica.

Adhikari *et al.*(2009) refere-se a *wetlands* como ambientes naturais encontrados em todas as zonas climáticas do planeta, desde os trópicos até regiões de tundra (exceto a Antártida). Esses ecossistemas ocupam cerca de 5% da superfície terrestre. Na maioria dos *wetlands* os níveis de água flutuam sazonalmente, propriedade responsável por tornar esses ecossistemas altamente produtivos.

Para a Convenção de Ramsar (2012) *wetlands* são áreas de pântano, mangues, charco, turfa, estuários, rios, campos úmidos, oásis, lagos, deltas e recifes de corais, naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima, com menos de seis metros de profundidade, na maré baixa.

Conforme Esteves (1998), o Brasil possui *wetlands* tanto costeiros quanto continentais. Entre eles existem os seguintes subgrupos de *wetlands* no país como os formados por sistemas de rios e planícies de inundação (várzea, igapó, pantanal), representam a maioria dos sistemas brasileiros, associados a lagos ou lagoas (brejo) e os localizados em áreas com águas subterrâneas em nível elevado e/ou por acúmulo de águas de cabeceira (brejo, pântano, campo úmido, lameiro, etc.) e artificiais formados a partir da construção de reservatórios.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA 2012) as principais funções das áreas úmidas são receber, armazenar e liberar água por

meio da água subterrânea e superficial, assim como biologicamente, através da transpiração pela vegetação, contribuindo assim para o ciclo hidrológico, tanto localmente quanto globalmente, mantendo fluxos de água quando as condições são mais secas ou reabastecendo as águas subterrâneas e amortecer a energia da vazão e interceptar o escoamento superficial.

As *wetlands* reduzem os picos de inundação à jusante assim evitando a inundação além de reduzir prejuízos financeiros, auxiliar na proteção da saúde humana, segurança e bem-estar, também há melhoria na navegação, já que reduzem a sedimentação nos canais fluviais ao reterem os sedimentos e remoção e ou retenção de nutrientes ou outras substâncias biodegradáveis. Também realizam o processamento matéria orgânica e reduzem sedimentos suspensos, mitigando problemas ambientais, como a eutrofização. A retenção de nitrogênio e fósforo é um dos atributos mais importantes de *wetlands*.

2.1.1 Wetlands urbanas

Tundisi (2008) defende que as *wetlands* nas regiões metropolitanas são partes importantes da paisagem urbana e componentes vitais do sistema, que desempenham, além da função de controlar dos níveis de nutrientes, a regulação dos ciclos biogeoquímicos, fazendo com que seja mantida a biodiversidade. Tanto sendo de origem naturais ou construídas desempenha função fundamental na melhoria ambiental nas regiões urbanas, onde grandes populações correspondem a pressões maiores sobre a integridade dos processos ecológicos de *wetlands*. Estão constantemente sendo modificadas, seus recursos naturais são super explorados e empreendimentos e urbanizações a montante alteram a qualidade e as vazões das águas que as alimentam.

Schuyt e Brander (2004) alegam que as *wetlands* urbanas possuem importantes funções ecológicas para a manutenção do equilíbrio das regiões em que se desenvolvem devido a esses ecossistemas proverem vários serviços ambientais, tanto para a população local que vive no seu entorno quanto para as comunidades localizadas fora da sua área.

Tundisi (2008) utiliza-se da argumentação que as *wetlands* fornecem os serviços de água doce, controle de enchentes, controle da poluição, retenção e transporte de sedimentos, produção de alimentos, controle de doenças, ciclagem de nutrientes, lazer e ecoturismo. Nas áreas urbanas as *wetlands* prestam serviços de parques e jardins, controlam a qualidade da água, o clima local, o patrimônio cultural e o lazer. Ainda segundo o autor, as *wetlands* nas regiões urbanas são partes importantes da paisagem e de componentes importantes do sistema, que controlam os níveis de nutrientes e a regulação dos ciclos biogeoquímicos, e assim mantendo a biodiversidade.

2.1.2 Políticas e Legislação

Foi estabelecida em fevereiro de 1971, na cidade iraniana de Ramsar, uma Convenção sobre Zonas Úmidas, que está em vigor desde 21 de dezembro de 1975, e seu tempo de vigência é indeterminado. No âmbito da convenção, os países membros são denominados "partes contratantes" e até janeiro de 2010 a convenção contabilizava 159 adesões, incluindo o Brasil, que a ratificou em maio de 1996 (MMA, 2013).

A Convenção de Ramsar é um tratado intergovernamental que estabelece marcos para ações nacionais e para a cooperação entre países com o objetivo de promover a conservação e o uso racional de zonas úmidas no mundo. Essas ações são fundamentadas no reconhecimento da importância ecológica e do valor social, econômico, cultural, científico e recreativo de áreas úmidas (MMA, 2012).

Serafini (2007) utiliza-se da argumentação que o Brasil não apresenta uma política específica sobre as áreas úmidas. Os instrumentos e mecanismos de proteção e conservação dessas áreas são identificados na Política Nacional de Meio Ambiente ou em outras políticas ambientais específicas. Segundo o autor essa constatação não afasta a necessidade da elaboração de uma política nacional sobre áreas úmidas, que preveja uma série de definições, objetivos, diretrizes e instrumentos para o uso adequado e preservação desses ecossistemas, bem como a articulação dos instrumentos existentes com esses objetivos.

De acordo com o relatório nacional sobre a implementação da Convenção de Ramsar sobre áreas úmidas, apesar de não existir uma política específica para as áreas úmidas, o Brasil tem uma estrutura bem desenvolvida de políticas ambientais, que é aplicada em todos os tipos de ecossistemas brasileiros. O governo brasileiro acredita que a melhor estratégia para o país é fiscalizar a aplicação da extensa legislação ambiental já existente, ao contrário de criar uma nova política exclusivamente para as zonas úmidas (MMA, 2011).

MMA (2011) ainda cita algumas das políticas ambientais mais relevantes, tais como:

- Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP – 2006), que inclui um capítulo sobre as “Estratégias Nacionais para Áreas Reconhecidas Internacionalmente”;
- Política Nacional de Biodiversidade (PNB – 2002); Política Nacional de Meio Ambiente (2002); Código Florestal (Lei Federal 4.771/65, atualmente em processo de revisão);
- Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH);
- Plano de Saneamento Básico Participativo (PLANSAB);

- Política de Formação Humana na Área de Pesca Marinha e Continental e Aqüicultura Familiar;
- Programa de Integração de Bacias Hidrográficas;
- Revitalização de Bacias Hidrográficas em Situação de Vulnerabilidade e Degradação Ambiental;
- Conservação e Recuperação dos Biomas Brasileiros e
- Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade e dos Recursos Genéticos.

2.1.3 Ciclos de nutrientes em *wetlands*

Segundo Valko (2006) os ciclos de nutrientes em *wetlands* são o somatório de onde os nutrientes são encontrados, em que forma são encontrados e como são transportados de um compartimento para outra dentro da *wetland*, e quais as transformações químicas que ocorrem. Os ciclos mais importantes que ocorrem dentro de uma *wetland* é o ciclo do carbono, do nitrogênio, do enxofre e do fósforo. As maiorias dos nutrientes são encontradas nos compartimentos do solo seguido pelos compartimentos das macrófitas.

2.1.3.1 Descrição do ciclo do nitrogênio em *wetlands*

Kadlec e Knight (1996) relatam que as formas mais importantes de nitrogênio em *wetlands* são: o amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), óxido nítrico (N_2O) e gás nitrogênio (N_2). O nitrogênio pode estar presente em *wetlands* em muitas formas orgânicas incluindo uréia, aminoácidos, aminas, purinas e pirimidinas. Para se estimar a massa total de nitrogênio em uma *wetland* pode-se somar massas das formas de nitrogênio. Na coluna de água a concentração de nitrogênio total (NT) é calculada pela

soma do valor da concentração de nitrogênio orgânico e amoniacal ou nitrogênio total Kjeldahl (TKN) e a concentração de NO_2^- mais NO_3^- .

O ciclo do nitrogênio (Figura 1) de acordo com Vepraskas e Faulkner (2001) acontece por meio de reações de oxidação-redução, isso envolve oxidar formas reduzidas de nitrogênio como NH_4 em formas altamente oxidadas como NO_3 . De todas as reações de oxidação-redução, algumas ocorrem primariamente em condições aeróbicas e outras em condições anaeróbicas.

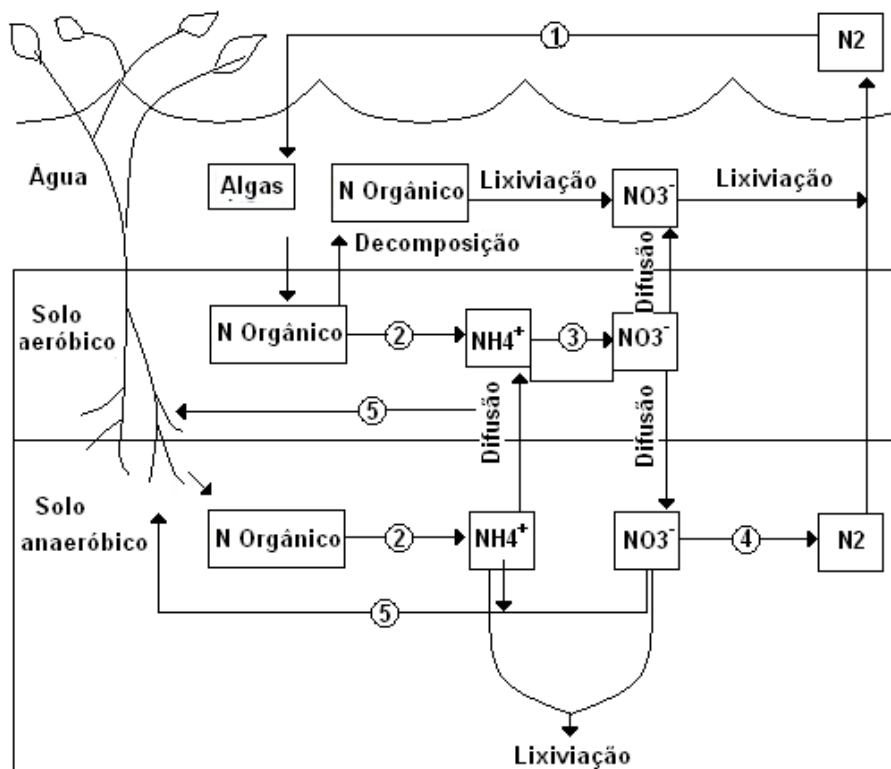


Figura 1 - Ciclo do nitrogênio em wetlands adaptado de Vepraskas e Faulkner (2001). Processos- 1. Fixação de nitrogênio; 2. Amonificação; 3. Nitrificação; 4. Desnitrificação e 5. Imobilização.

2.1.3.1.1 Fixação de Nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio é o processo pelo qual o gás nitrogênio da atmosfera difunde-se para dentro da solução e é reduzido a NH_4^+ -N pelas bactérias heterotróficas e autotróficas, algas azuis e verdes e plantas superiores (KADLEC e

KNIGHT, 1996). Vepraskas e Faulkner (2001) argumentam que a fixação do nitrogênio em *wetlands* ocorre por meio de bactérias anaeróbicas, bactérias facultativas e cianobactérias em uma reação que exige energia.

2.1.3.1.2 Amonificação (Mineralização)

A amônia é convertida da forma orgânica por um processo bioquímico exotérmico complexo compreendendo várias etapas. Em alguns casos, esta energia é usada pelos micro-organismos para o crescimento, e a amônia é diretamente incorporada dentro da biomassa microbiana. As bactérias amonificadoras foram encontradas principalmente associadas com as raízes em sistemas de camadas de pedras com uma relação de 10^7 bactérias por grama de raiz (MAY *et al.*, 1990).

Zak e Grigal (1991) relatam que as taxas de amonificação medidas em *wetlands* naturais variam de 3 a 35mg N/m²/dia (média anual 1,5 g/m²/ano) como em uma floresta inundada em Minnesota. Reddy e Patrick (1984) acrescentam que em condições em que as *wetlands* não estejam inundadas a amonificação é substancialmente reduzida. A taxa de amonificação em solos inundados depende da temperatura e do pH sendo o pH ótimo para amonificação está entre 6,5 e 8,5 (REDDY e PATRICK, 1984).

2.1.3.1.3 Nitrificação

O processo de nitrificação, que é a oxidação do NH₄ em NO₃, ocorre apenas em condições aeróbicas e em alguns casos pode ser encontrado na coluna de água devido à difusão de alguns sólidos (VEPRASKAS e FAULKNER, 2001). A nitrificação pode ser considerada como o principal mecanismo de transformação que reduz a concentração de NH₄⁺ em *wetlands* pela conversão de NH₄⁺ em NO₃⁻ (REDDY e PATRICK, 1984).

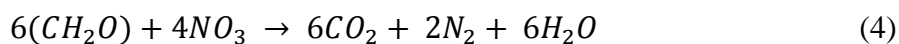
A nitrificação (Equação 1) pode ser definida como a oxidação biológica da amônia para nitrato, com o nitrito como um intermediário na sequência de reação, portanto, é um processo que ocorre em dois estágios. No primeiro estágio, a oxidação da amônia para nitrato é executada por bactérias, principalmente do gênero *Nitrosomonas*, estritamente aeróbias, as quais são totalmente dependentes da oxidação da amônia para a geração de energia e crescimento. No segundo estágio da nitrificação (Equação 2), a oxidação de nitrito para nitrato é realizada por bactérias facultativas do gênero *Nitrobacter*, as quais podem usar também compostos orgânicos além do nitrito para a geração de energia para o crescimento. A equação 3 sintetiza o processo. (IWA, 2000).



2.1.3.1.4 Desnitrificação

A desnitrificação, que é a transformação do NO_3^- em N_2 ou N_2O , ocorre na *wetland* quando o NO_3^- é utilizado como um receptor elétrico na respiração anaeróbica realizada por muitos grupos de bactérias (VEPRASKAS e FAULKNER, 2001).

A desnitrificação pode ser definida como um processo no qual microrganismos (bactérias quimioheterotróficas) reduzem o nitrato a óxido nítrico, óxido nitroso e, finalmente, nitrogênio gasoso, sob condições anóxicas. A reação do processo de desnitrificação ocorre a segundo Equação 4 (IWA, 2000):



Ainda segundo IWA (2000) essa reação é irreversível e ocorre na presença de substrato orgânico disponível somente sob condições anóxicas ou anaeróbias, na qual o

nitrogênio é usado como um aceptor de elétron no lugar do oxigênio. Inúmeras bactérias são capazes de reduzir nitrato, a maioria são quimioheterotróficas.

2.1.3.1.5 Imobilização

A assimilação dos nutrientes pelas macrófitas relaciona-se a uma gama de processos biológicos que convertem formas inorgânicas do nitrogênio para compostos orgânicos que servem de base para as células e os tecidos das plantas. As duas formas de nitrogênio geralmente utilizadas são a amônia e o nitrato, entretanto, a amônia, por ser mais reduzida energeticamente do que o nitrato torna-se a fonte preferencial. Em ambientes onde o nitrato é predominante, tal forma torna-se a principal fonte de nitrogênio inorgânico passível de ser assimilado (KADLEC e KNIGHT, 1996).

2.1.3.2 Descrição dos processos do fósforo em *wetlands*

O ciclo do fósforo, conforme Figura 2, diferentemente dos ciclos do carbono, nitrogênio e enxofre, não envolvem processos de oxidação-redução. O ciclo do fósforo é um ciclo sedimentário. Dentro de *wetlands* o fósforo é encontrado em duas formas, inorgânico, usualmente chamado de ortofosfato, e orgânico (VEPRASKAS e FAULKNER, 2001).

Ainda conforme Vepraskas e Faulkner (2001) o fósforo inorgânico é utilizado pelos organismos e convertido em fósforo orgânico por um processo chamado de imobilização. Pelo processo de mineralização o fósforo orgânico é convertido em fósforo inorgânico. Em ambos os processos de imobilização e mineralização podem ocorrer em condições aeróbicas e anaeróbicas. A remoção pela absorção do solo e pela co-precipitação com carbonatos são os principais mecanismos de remoção de fósforo inorgânico da coluna de água.

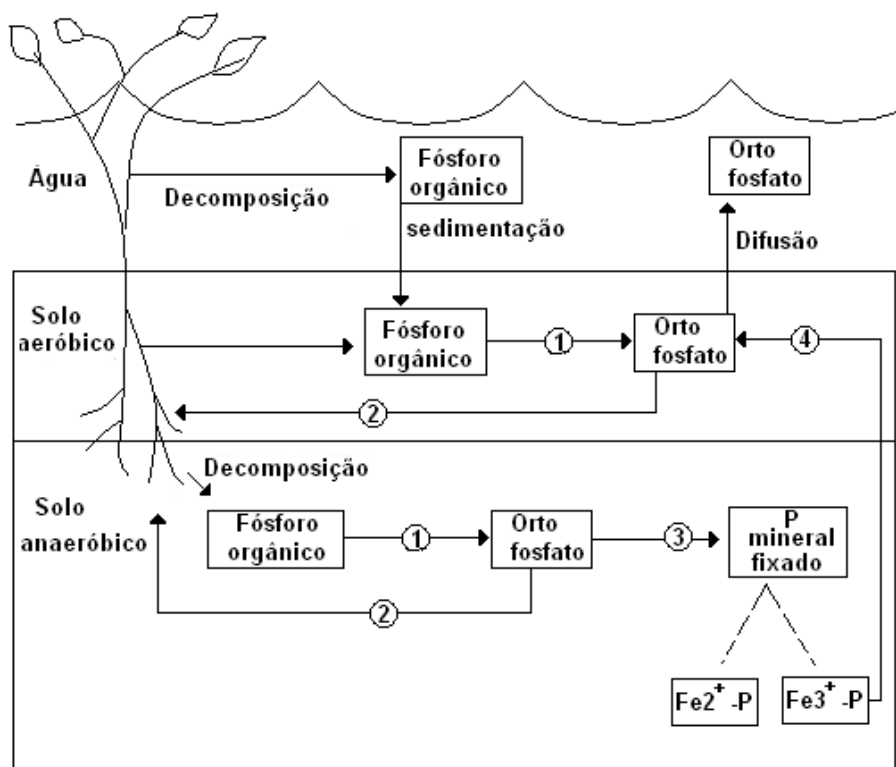


Figura 2 - Ciclo do fósforo em *wetlands* adaptado de Vepraskas e Faulkner (2001). Processos- 1. Mineralização; 2. Imobilização; 3.Fixação

Uma variedade de cátions pode precipitar fosfato sobre certas condições. Alguns precipitados encontrados em *wetlands* segundo Reddy e D'Angelo (1994) são:

Apatita	$Ca_5(ClF)(PO_4)_3$
Hidroxiapatita	$Ca_5(OH)(PO_4)_3$
Variscita	$Al(PO_4)2H_2O$
Strengita	$Fe(PO_4)2H_2O$
Vivianita	$Fe_3(PO_4)8H_2O$
Wavellito	$Al_3(OH_3)(PO_4)_2 \cdot 5H_2O$

O fósforo pode coprecipitar com outros minerais como hidróxido férrico e carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Em solos de *wetlands* a precipitação de fósforo pode ocorrer de duas formas em solos ácidos e alcalinos. Nos solos ácidos o fósforo pode ser fixado através de alumínio e ferro, quando disponíveis e em solos alcalinos o fósforo pode ser fixado por cálcio e magnésio, quando disponível (REDDY & D'ANGELO, 1994).

A quantidade de fósforo efetivamente removida por uma *wetland* é geralmente menor do que a quantidade de fósforo retirado pelas plantas durante o seu crescimento (KADLEC e KNIGHT, 1996). Como o fósforo é um macronutriente, a adição em *wetlands* estimula o crescimento das plantas causando acréscimo de biomassa (RICHARDSON e MARSHALL, 1986)

2.1.4 Sensoriamento remoto de *wetlands*

Adam (2009) relata que nas últimas décadas, progressos consideráveis foram feitos com a aplicação de técnicas de sensoriamento e processamento dos dados, mapeamento e monitoramento de espécies de áreas úmidas. Porém, ainda existem desafios a serem abordados em muitos aspectos. A tradicional imagem digital de sensores multi-espectrais está sujeita a limitações de resolução espacial e espectral em comparação com as estreitas unidades de vegetação que caracterizam os ecossistemas de áreas úmidas.

Ozesmi e Bauer (2002) afirmam que para monitoramento e inventários de áreas úmidas, o sensoriamento remoto é apropriado, especialmente em países em desenvolvimento onde os fundos são limitados e há pouca informação disponível. O uso dos dados de sensoriamento remoto para a classificação de uso e cobertura do solo é economicamente mais viável e consome menos tempo do que levantamentos de campo e aerofotografias, principalmente em áreas extensas. O Landsat MSS, Landsat TM, SPOT, AVHRR, e Indian Remote Sensing Satellite (IRS-1B), Linear Imaging Self-scanning Sensor (LISS-II) são sistemas sensores remotos de satélites que têm sido usados para o estudo de *wetlands*.

O Landsat é um dos programas mais importantes na história do sensoriamento remoto, foi desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

e é dedicado à observação dos recursos naturais da Terra (JENSEN, 2009). Em 1972 começou a operar o primeiro satélite da série e o último em 2013, com o lançamento do Landsat-8 (<http://landsat.usgs.gov/> acesso em 01/03/2013).

O Satélite ERTS 1 (*Earth Resources Technology Satellites*, depois renomeado para LANDSAT 1) foi colocado em órbita em 23 de julho de 1972 e imageando órbitas quase polares, circular e heliossíncrona com duração de 98,20 minutos. Orbitava a uma altitude de 705 km com horário de passagem pelo Brasil às 9h45m com período de revisita de dezesseis dias. Ele possuía instrumentos sensores *Return Beam Vidicon* (RBV) e *MultiSpectral Scanner* (MSS). Na data de 06 de janeiro de 1978 ele foi desativado (INPE, 2013).

O Satélite LANDSAT 5 foi lançado em primeiro de março de 1984 e possui mesma órbita e duração do primeiro. Está a uma altitude de 705 km com horário de passagem pelo Brasil às 9h45m com período de revisita de dezesseis dias. Ele possui instrumentos sensores *Thematic Mapper* e *MultiSpectral Scanner* (INPE, 2013).

Segundo Jensen (2009), sensores como o Landsat MSS e o Thematic Mapper são sistemas ópticos-mecânicos em que um espelho varre o terreno perpendicularmente à direção do voo. Enquanto realiza a varredura, a energia refletida ou emitida do terreno é focalizada sobre os elementos detectores. Os detectores convertem o fluxo radiante medido dentro de cada campo de visada instantâneo (*instantaneous field of view* - IFOV) na cena em um sinal elétrico.

Os elementos detectores estão colocados atrás dos filtros em que passam porções amplas de energia do espectro. O sensor MSS apresentava quatro conjuntos de filtros e detectores, enquanto o TM possui sete. A limitação principal desse enfoque é o curto tempo de residência de visada do detector em cada IFOV.

O sensor *MultiSpectral Scanner* (MSS) foi inserido nos satélites Landsat de 1 ao 5. Seu IFOV apresentava formato quadrado e representava uma área no terreno de 79 x 79 m. A resolução radiométrica inicial desse sensor era de 6 bits, o que permitia discretizar a radiância convertendo-a em até 64 níveis de cinza. Na década de 80 a resolução radiométrica foi alterada para 8 bits (JENSEN, 2009).

O outro sistema sensor, o *Thematic Mapper* (TM) foi colocado em órbita em 16 de julho de 1982 a bordo do Landsat 4 e estava presente também no Landsat 5, colocado em órbita em 01 de março de 1984. O TM é um sensor óptico de varredura mecânica e registra a resposta espectral dos alvos de superfície no espectro óptico refletido e no emitido. Apresenta resolução espacial de 30 metros nas bandas do espectro refletido e no emitido, 120 metros (JENSEN, 2009).

2.2 Serviços ambientais e ecossistêmicos

2.2.1 Conceitos

Hermann et al. (2011) explanam que devido à grande número de publicações referentes aos conceitos de serviços ambientais, existem diferentes conceitos e definições e a comunidade científica que se dedica à temática ainda é relativamente jovem, portanto ainda há vários obstáculos a serem ultrapassados.

Born (2002) define que o termo serviços ambientais diz respeito aos benefícios indiretos gerados pelos recursos naturais ou pelas propriedades ecossistêmicas das inter-relações entre esses recursos e a natureza. IUCN (2006) afirma que o mais interessante do conceito de serviços ambientais se deve a sua capacidade de prover uma unificação da linguagem entre as comunidades econômicas, de negócios e ecológica. Complementando, Bensusan (2008) afirma que a medida que os ambientes são alterados

e os serviços ambientais comprometidos o valor do serviço tende a aumentar significativamente.

O conceito de serviços ambientais pode descrever o funcionamento interno dos ecossistemas, relacionando os benefícios obtidos pelos seres humanos a partir das propriedades e processos dos ecossistemas. Tendo conhecimento das funções de um ecossistema, a natureza e magnitude do valor dessas funções para a sociedade podem ser avaliadas por meio dos serviços e bens ambientais (DE GROOT *et al*, 2002).

Veiga Neto (2008) ressalta existência da diferença entre serviços ecossistêmicos e ambientais, sendo essa explicada de forma que serviços ecossistêmicos são definidos como serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra, mediante ou não alguma ação antrópica.

Para o caso dos serviços ambientais, Veiga Neto (2008) os conceitua como reflexo de toda ação antrópica que causa algum efeito em um ecossistema, com o objetivo de se apropriar ou utilizar um ou mais dos produtos gerados pelo ecossistema. O conceito de serviço ecossistêmico traz a importância que assumem os serviços que efetivamente dão sustentação à vida no planeta, considerados mais importantes (uma vez que sua substituição é complexa) do que os produtos gerados pela ação antrópica.

Quando se trata de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), o termo serviço ambiental é mais utilizado do que serviço ecossistêmico, pois esse está relacionado diretamente com as práticas antrópicas. A natureza oferta o serviço ecossistêmico, porém, o ser humano que trabalha na manutenção desses serviços presta um serviço ambiental. Os serviços prestados pela natureza passam a desempenhar um papel

diferenciado no âmbito social, contudo, especialmente, no âmbito econômico, a partir do instante em que se reconhece a importância das práticas conservacionistas dos agentes responsáveis pela manutenção desses serviços (JARDIM, 2010).

Na Organização Mundial do Comércio, há uma tendência de tratar serviços ambientais como quaisquer outros serviços (vinculados a bens de consumo tradicionais), para os quais, relativo ao processo de fabricação, considera-se a otimização de recursos naturais. Países em desenvolvimento, ricos em recursos naturais, atuam no sentido de vincular o comércio internacional dos bens e serviços ambientais a objetivos de sustentabilidade, como conservação do estoque de capital natural e redução da pobreza. Pela definição da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) o setor de serviços ambientais inclui a “medida, prevenção, minimização ou correção de danos ambientais a água, ar, solo e problemas relacionados aos resíduos, ruídos e ecossistemas” (VEIGA NETO, 2008).

2.2.2 Serviços ambientais e ecossistêmicos de áreas úmidas

Recentemente houve uma melhor compreensão das funções que estão associadas às áreas úmidas e seu valor para a sociedade. Nos Estados Unidos, uma pesquisa foi baseada nas funções relacionadas à biodiversidade, qualidade da água e redução da inundação para ordenar *wetlands* em prioridade de preservação (CEDFELDT *et al*, 2000) .

Segundo Ramsar (2007) para entender sobre quais as funções mais prováveis desempenhadas por áreas úmidas, é necessário que, a partir de um estudo, seja realizada uma avaliação funcional inicial, processo no qual as características gerais, físicas e biológicas do sistema são analisadas.

As áreas úmidas têm sido fortemente utilizadas devido às cruciais funções que desempenham. É estimado que contribuíssem com cerca de 40% dos serviços ambientais do planeta (ZEDLER, 2003). Embora haja o reconhecimento dos serviços ambientais prestados pelas áreas úmidas, as informações não são precisas e estão dispersas. Os métodos para quantificação dos serviços estão melhores estabelecidos do que os de avaliação da qualidade de *wetlands* (LA PEYRE *et al* 2001).

Mitsch e Gosselink (1993) empregam as expressões de “rins da paisagem” e “supermercados biológicos” para demonstrar quão importante são as áreas úmidas no desenvolvimento e sustentabilidade de culturas através dos tempos. Os autores fazem referência a às funções que esses ambientes desempenham como filtros e como base de diversas cadeias alimentares, respectivamente.

Áreas úmidas possuem a capacidade das servirem como reservatório de nutrientes, capacidade fundamental em paisagens de áreas agrícolas onde as cargas de nutrientes são elevadas e ameaçam a integridade dos cursos d’água à jusante. *Wetlands* fornecem diversos serviços ambientais incluindo a oferta de água, a produção de forragem de qualidade, áreas para o gado se refrescar em dias quentes, habitat para vida selvagem, capacidade de assimilação e estocagem de nutrientes contribuindo para uma maior produtividade vegetal (GATHUMBI e BOHLEN, 2005).

Devido as divergências surgidas e exemplificadas pela literatura considera-se que a *wetland* do Riacho Fundo é um sistema ecológico natural que presta um serviço de retenção de nutrientes. Logo, tal serviço para esse estudo é adotado como serviços ecossistêmicos da *wetland* do Riacho Fundo.

3 Área de estudo

3.1 Caracterização da área da *Wetland* do Riacho Fundo

A bacia hidrográfica do Riacho Fundo (Figura 3), no Distrito Federal, drena áreas pertencentes à Bacia do Rio Paraná e desagua na bacia do Lago Paranoá. Essa unidade é composta pelo Ribeirão Riacho Fundo, como rio principal que nasce na região sudoeste da bacia. Seu principal afluente de margem direita é Córrego Coqueiros e de margem esquerda surgem os córregos Vicente Pires e do Guará.

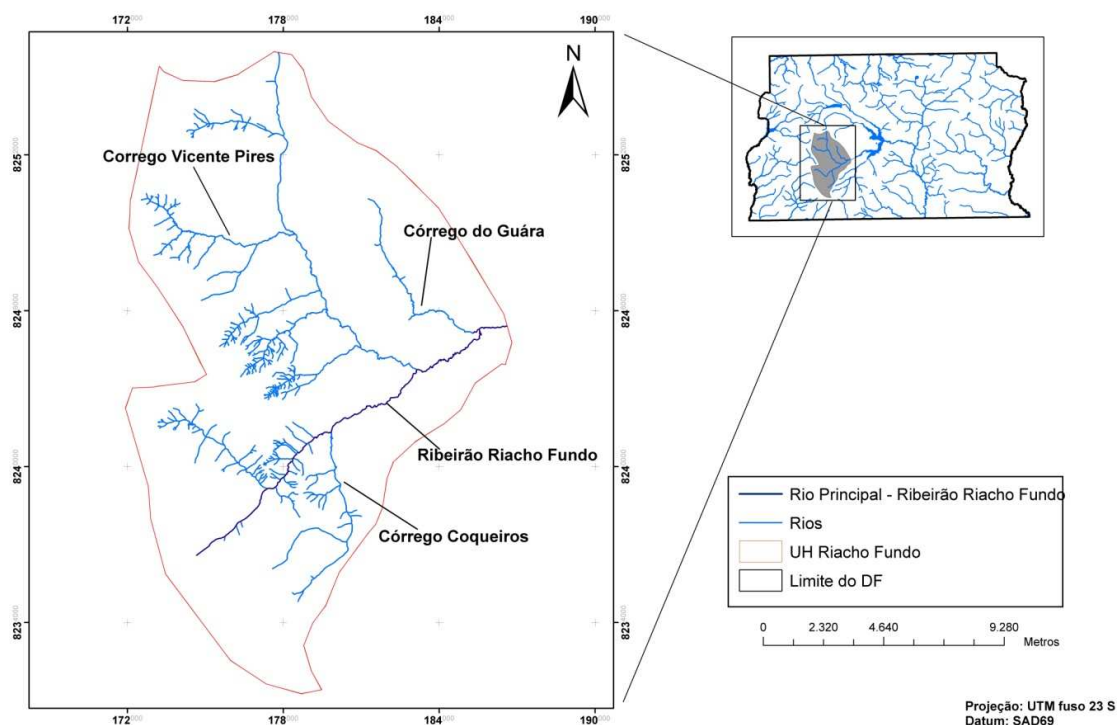


Figura 3 - Unidade hidrográfica do Riacho Fundo

A área de interesse do presente estudo está localizada na foz do Riacho Fundo até o início do Lago Paranoá. A área está inserida em um latossolo vermelho espesso, bem drenado, com textura argilosa e ricos em óxido de ferro (ADASA, 2012). Apresentam coloração variando de amarela a avermelhada e baixo gradiente textural o

que é evidenciado pela diferenciação incipiente entre os horizontes A e B (MAGALHÃES, 1998).

O Latossolo está presente em 52,64% (Latossolo Vermelho - 41,94% e Latossolo Vermelho-Amarelo – 10,70%) da área total da Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo. Esse tipo de solo é constituído por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. A distinção entre o Latossolo Vermelho e o Latossolo Vermelho-Amarelo está apenas relacionada à coloração do horizonte B (EMBRAPA, 2009).

O Cambissolo compõe 20,47% da área total da Unidade hidrográfica do Riacho Fundo e é constituído por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta (EMBRAPA, 2009).

Com o começo do crescimento urbano desordenado observado nos últimos anos, Brasília superou todas as expectativas dos planos originais fazendo com que a área da bacia do Lago Paranoá, principalmente a do Riacho Fundo, sofra os efeitos desse crescimento, com um processo de expansão descomedido sobre áreas ecologicamente sensíveis (PEREIRA, 2004).

A ocupação urbana acelerada e desordenada ocasionou um grande passivo ambiental para as regiões administrativas do Distrito Federal. O parcelamento irregular do solo formou cidades em que os princípios da sustentabilidade ambiental não

integravam o planejamento, ocorrendo a impactar negativamente a Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo. A ocupação desordenada do solo impacta diretamente os recursos hídricos, alterando todo o ciclo hidrológico (STRAGLIOTTO, 2010).

A área úmida de interesse, que para esse estudo é denominada *Wetland* do Riacho Fundo, está localizada na foz do Ribeirão do Riacho Fundo até seu exutório no Lago Paranoá. A *wetland* do Riacho Fundo está dentro da Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) do Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo que foi criada pelo Decreto nº 11.138, de 16 de junho de 1988. A ARIE do Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo está inserida dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) das Bacias do Gama e Cabeça de Veado, criada pelo Decreto nº 9.417, de 21 de abril de 1986.

A Figura 4 localiza e delimita a área da *Wetland* do Riacho Fundo bem como as áreas vizinhas. Tal imagem foi confeccionada a partir do mapeamento do Distrito Federal elaborado pela Companhia Imobiliária de Brasília, para o ano de 2010. (TERRACAP, 2010).

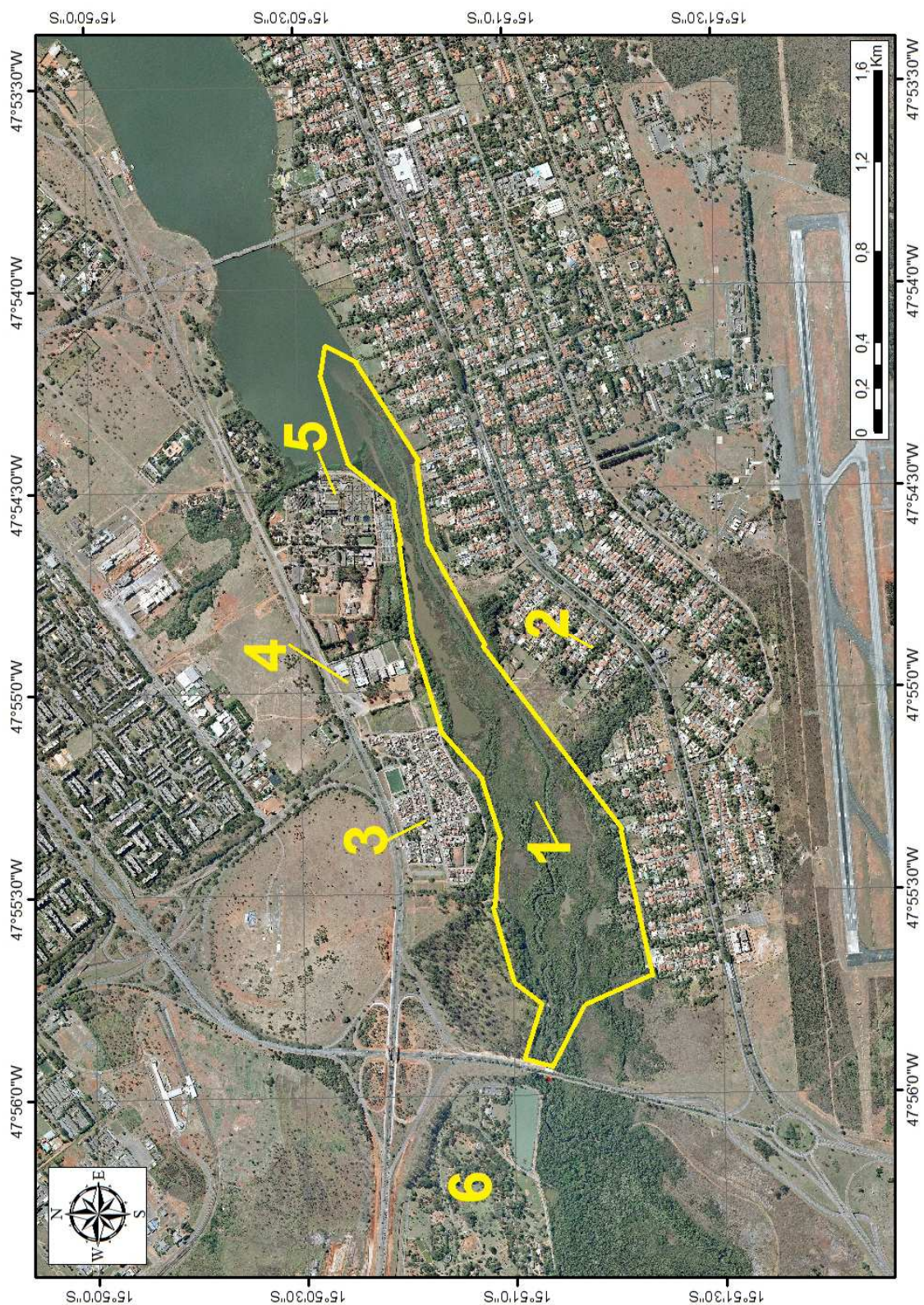


Figura 4 – Localização da Wetland do Riacho Fundo no Braço do Riacho Fundo do Lago Paranoá (Brasília-DF) e as áreas vizinhas - Wetland do Riacho Fundo (1), conjuntos habitacionais do bairro Lago Sul (2), bairro Vila Telebrasília (3), centro universitário UNIEURO (4), Estação de Tratamento de Esgoto Sul da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (5) e Jardim Zoológico de Brasília (6).

A Vila Telebrasília foi criada a cinquenta e sete anos como acampamento para os funcionários que trabalhariam na construção de Brasília. Hoje, ela se encontra em situação de irregularidade, não sendo atendida por sistema de coleta de esgoto possuindo apenas fossas sépticas, fossas e sumidouros, logo podendo vir a contribuir de input na área da *wetland*.

O centro universitário UNIEURO é atendido pela rede de esgoto e a Estação de Tratamento de Esgoto Sul recebe o esgoto dos bairros Asa Sul, Lago Sul, Núcleo Bandeirante, Candangolândia, Cruzeiro/Octogonal, Guará, S.I.A., Sudoeste e Águas Claras possuindo o tipo de tratamento de lodos ativados a nível terciário e como corpo receptor o Lago Paranoá (CAESB, 2012). O bairro Lago Sul, diferente do bairro Vila Telebrasília, possui em sua maioria coleta de esgoto sanitário, porém a área urbanizada que margeia a *wetland* não possui coleta de esgoto e é atendida por fossas sépticas.

3.2 Pontos de coleta de amostras de água

O mapa da Figura 5 define os cinco pontos de coleta de amostras de água que foram adotados no presente estudo, para auxiliar na avaliação da prestação de serviços ecossistêmicos da *wetland* do Riacho Fundo.

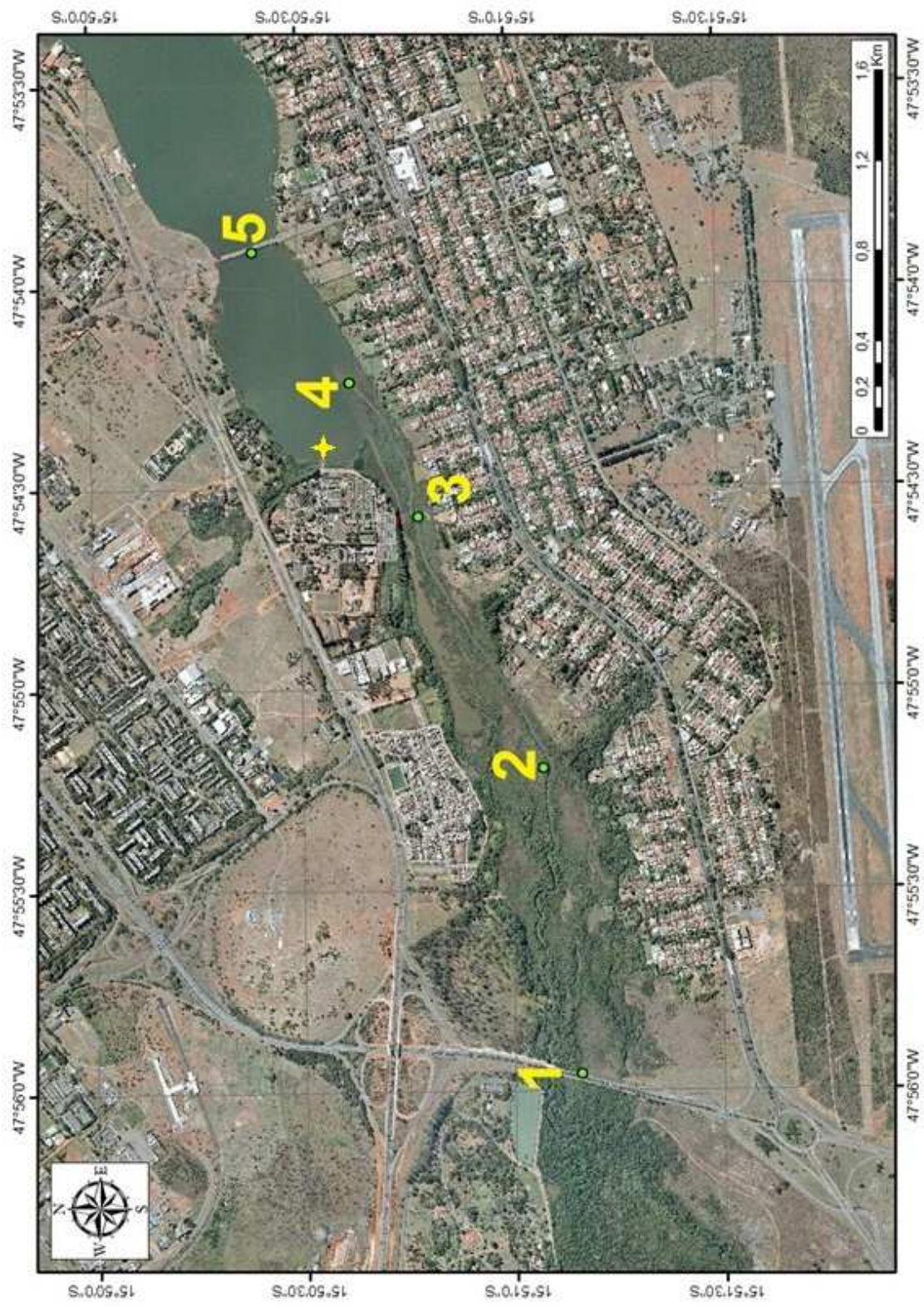


Figura 5 – Localização dos cinco pontos de coleta de amostras de água ao longo da Wetland do Riacho Fundo no Lago Paranoá. Ponto 1 - Final da UH Riacho Fundo, Ponto 2 - Ponto intermediário, Ponto 3 - Confluência grande lagoa com rio principal, Ponto 4 - Saída principal e Ponto 5 - Ponte Presidente Medici e emissário ETE Sul.

3.2.1 Ponto 1

O primeiro ponto coletado é o ponto no cruzamento da ponte que liga o eixo rodoviário sul ao Aeroporto Internacional de Brasília pela Estrada Parque Aeroporto margeado a oeste o Jardim Zoológico de Brasília (Figura 6 destacado com a cruz amarela). O primeiro ponto é considerado como o início da área da *wetland* e final da bacia hidrográfica do Riacho Fundo. Esse ponto foi escolhido como o ponto de aporte de nutrientes da bacia. As coordenadas geográficas do ponto são 15°51'56" S e 47°55'56.45" O.



Figura 6 - Ponto 1 de coleta .

O ponto possui uma mata ciliar densa nos dois sentidos da via (Figura 8Figura 7 – sentido Asa Sul; e 8 – sentido Aeroporto). Na época da seca é possível verificar que o leito do riacho está assoreado devido a grande quantidade de sólidos aportados pela bacia. Além disso, pode-se notar que nas imagens referentes ao período chuvoso o

aporte de sedimentos altera a coloração da água, o que impede a visualização do leito, como no período seco.



Figura 7 - Ponto 1 de coleta - Ponte sentido Asa Sul.
1) Estação chuvosa e 2) estação da seca.



Figura 8 - Ponto 1 de coleta - Ponte sentido Aeroporto
1) Estação chuvosa e 2) estação da seca.

3.2.2 Ponto 2

O segundo ponto de coleta (Figura 9) é um ponto intermediário dentro da área da *wetland* que foi escolhido com o objetivo de se entender o comportamento inicial dos

nutrientes entre o final da bacia e sua entrada na *wetland*. O ponto possui coordenadas geográficas de 15°51'05.69" S e 47°55'11.22" O.



Figura 9 - Ponto 2 - Meio da Wetland

O ponto é o afluente principal da *wetland*. A vegetação da margem direita é composta pela espécie de gramínea aquática, e por algumas árvores de pequeno porte (Figura 10). Na margem esquerda a vegetação é composta por um mosaico de *Ludwigia octovalvis* na parte superior da margem e pelo *Polygonum ferrugineum* mais abaixo (Figura 11 e Figura 12).



Figura 10 - Ponto de coleta 2 - Vegetação a margem direita



Figura 11 - Mosaico da Vegetação a margem esquerda do ponto de coleta 2.



Figura 12 -1 - *Ludwigia octovalvis* e 2 - *Polygonum ferrugineum*

3.2.3 Ponto 3

O terceiro ponto a ser coletado é em uma confluência que ocorre entre o canal principal da *wetland* e uma grande lagoa adjacente que se conecta ao outro braço de saída da *wetland* (Figura 13). O ponto em questão foi considerado por possuir uma grande lagoa conectada com o braço saída adjacente da *wetland* podendo influenciar nos resultados da avaliação de sua retenção de nutrientes. Suas coordenadas geográficas são 15°50'44.78"S e 47°54'34.92"O.

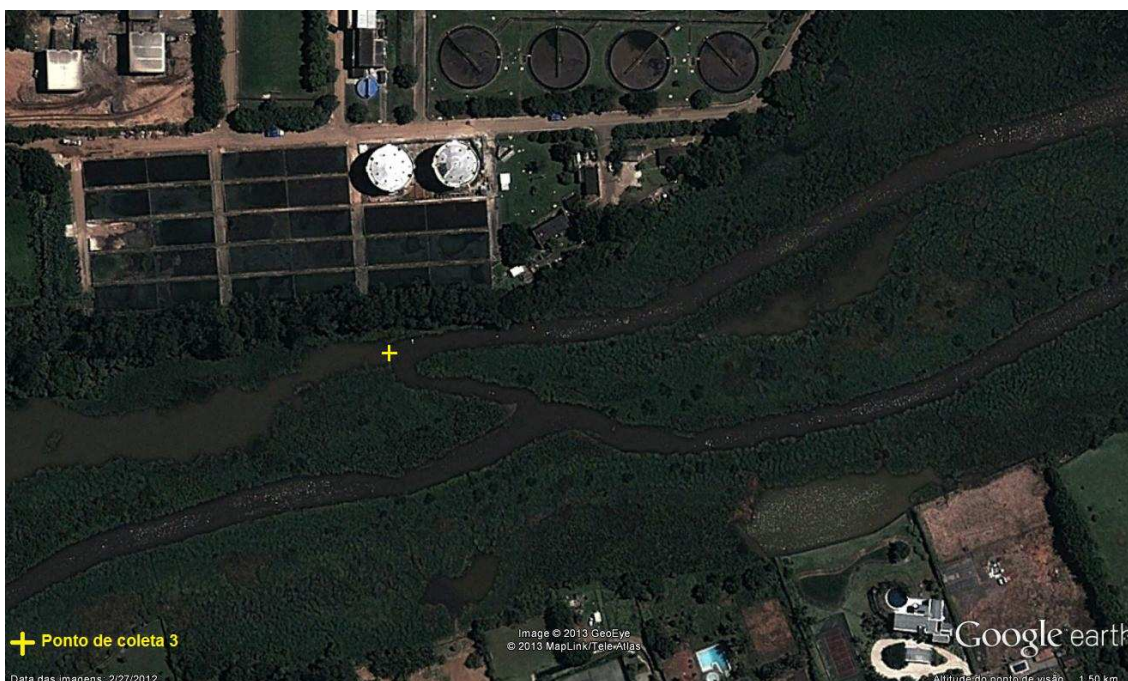


Figura 13 - Ponto 3 de coleta - Confluência com o segundo braço de saída

A vegetação do ponto de coleta 3 difere sutilmente em relação a do ponto de coleta 2, porém, o ponto é vizinho a Estação de Tratamento de Esgoto Sul da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal e possui em sua margem esquerda eucaliptos plantados na área da ETE Sul conforme visto na Figura 14.



Figura 14 - Ponto 3 – 1) Margem esquerda os eucaliptos da ETE Sul (visada à jusante) e 2) entrada para a lagoa e ponto de coleta (visada à montante).

Na margem direita a vegetação é composta por gramíneas aquáticas e pela *Alternanthera philoxeroides* na entrada da lagoa conforme Figura 15.



Figura 15 - 1- Gramínea aquática e 2- *Alternanthera philoxeroides*

3.2.4 Ponto 4

O quarto ponto de coleta é o ponto da foz da *wetland* na no Lago Paranoá e é considerado como a saída principal da *wetland*, pois está no desemboque do rio principal no lago. Suas coordenadas são 15°50'39.05" S e 47°54'15.65" O. A vegetação é composta em ambas as margens pelas *Alternanthera philoxeroides*, *Eichhornia crassipes* e *Ludwigia octovalvis* (Figura 16)



Figura 16 - 1 - *Eichhornia crassipes*, 2- *Alternanthera philoxeroides* e 3 - *Ludwigia octovalvis*

O ponto apresenta um alto índice de assoreamento como visto na Figura 17 que foi tirada na data de coleta de 22 de setembro de 2012. Nesse período a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) em acordo com a Resolução ADASA nº 16 de 23 de dezembro de 2011, que estabelece os níveis altimétricos mínimos de água a serem mantidos no Lago Paranoá no ano do 2012, iniciou o processo de rebaixamento dos níveis altimétricos do Lago Paranoá.



Figura 17 - Ponto 4 – 1) a foz da *wetland* e 2) a visada da foto.

3.2.5 Ponto 5

O quinto e último ponto coletado foi junto à Ponte Presidente Medici que serviu como balizamento para estipular se há influência da Estação de Tratamento de Esgotos Sul da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal na foz da *wetland* do Riacho Fundo Figura 18 . As coordenadas geográficas do ponto são 15°50'20.43"S e 47°53'56.15"O.



Figura 18 - Ponto de coleta 5 Ponte Presidente Medici.

4 Material e métodos

4.1 Processamento de imagens

4.1.1 Imagens Landsat

As imagens utilizadas nesse estudo foram adquiridas pelo site catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e são provenientes dos satélites Landsat 1 e Landsat 5 dos sensores MSS e TM, respectivamente. Essas imagens foram escolhidas para o estudo devido a disponibilidade de imagens da área da *wetland* para os anos estudados.

Para o estudo da evolução multitemporal da *wetland* do Riacho Fundo foram baixadas imagens da área dos anos de 1973, 1985, 1995, 2005 e 2011. As datas de aquisição das imagens pelo satélite estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 - Data de aquisição de imagens da *wetland* do Riacho Fundo

Ano da imagem	Data
1973	1 de agosto
1985	18 de setembro
1995	14 de setembro
2005	9 de setembro
2011	25 de agosto

Para a construção de uma série temporal foram baixadas imagens que diferissem entre si um período em torno de dez anos e que tivessem sido mapeadas em datas próximas. Os meses de agosto e setembro foram escolhidos, por serem característicos da estação da seca no Distrito Federal, logo as imagens são mais apropriadas para o estudo devido a ausência de nuvens.

4.1.2 Processamento

As imagens foram processadas no software ENVI® versão 4.7. O primeiro passo foi o pré-processamento das imagens de cada ano, no qual foram agrupadas em um único arquivo.

O processamento iniciou-se pela criação de polígonos amostrais chamados de ROIs (*Region of Interest*) na imagem. Tal passo teve como objetivo separar a presença de água da área emersa na região hoje ocupada pela *wetland*, visando avaliar o crescimento da área assoreada e a redução da lâmina d'água.

Para tal, foi delimitado um retângulo envolvendo a área atualmente ocupada pela *wetland* e todos os pixels foram exportados para o módulo *n-Dimensional Visualizer*. Esse procedimento permite uma visualização com várias dimensões (uma para cada banda da imagem) das nuvens de pixels ou *clusters* que se agrupam devido à similaridade espectral. Com isso, é possível agrupar os pixels referentes à água, pois apresentam baixa radiância e estão centrados nas primeiras bandas do espectro da luz visível. Esses pixels selecionados permitem o cálculo de área de água presente na cena. Com isso é possível determinar quanto de área de água foi ocupada pela vegetação da *wetland* nos anos avaliados.

De acordo com Carvalho Júnior *et al.* (2007) esse procedimento proporciona uma melhor percepção dos agrupamentos de pontos que permite uma separação e individualização das nuvens de pixels. Essa separação é feita manualmente por meio de uma ferramenta de desenho interativa em tela. Desse modo, o método consiste em um processo de classificação por identificação no qual o analista define as classes dos pixels.

4.2 Análise e coleta de água

4.2.1 Metodologia de coleta

As amostras foram coletadas e preservadas com o estabelecido pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition*. Os recipientes foram imersos a 15 centímetros de profundidade, quando possível devido a lâmina d'água, e não preenchidos em sua totalidade. As amostras foram coletadas em recipientes de polietileno propriamente preparados para receber as amostras. As amostras para os parâmetros de nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrogênio total e fósforo total foram acidificadas com H₂SO₄ até pH menor que 2 e refrigeradas entre 1°C e 5°C. As amostras para os parâmetros de nitrito e nitrato foram refrigeradas entre 1°C e 5°C. Todas as análises foram procedidas na mesma data da coleta.

As coletas foram realizadas nos pontos de coleta entre novembro do ano 2011 a outubro de 2012 a cada quinze dias corridos, compreendendo os períodos de chuva e seca totalizando vinte e cinco coletas. Na Tabela 2 são apresentadas as datas de coleta do monitoramento, bem com a precipitação acumulada (mm) na semana anterior a coleta. Os dados de precipitação acumulada foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Tabela 2 - Datas de coletas e precipitação acumulada na semana anterior à coleta

Data	Chuva acumulada (mm)
12/11/2011	42,0
26/11/2011	159,0
10/12/2011	30,9
20/12/2011	109,0
14/01/2012	115,0
28/01/2012	12,0
11/02/2012	16,5
25/02/2012	34,4
10/03/2012	47,0
24/03/2012	85,0
07/04/2012	63,0

Data	Chuva acumulada (mm)
21/04/2012	15,0
05/05/2012	0,0
19/05/2012	3,7
02/06/2012	0,0
16/06/2012	0,0
30/06/2012	0,0
14/07/2012	0,0
28/07/2012	0,0
11/08/2012	0,0
25/08/2012	0,0
08/09/2012	0,0
22/09/2012	28,0
06/10/2012	0,0
20/10/2012	87,0

Fonte: INMET (http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php)

4.2.2 Metodologia de análise

As análises foram feitas em triplicata e realizadas com o apoio do Laboratório de Águas da Universidade Católica de Brasília. Os métodos de análise das amostras estão de acordo com o especificado pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW) 21st Edition da *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA), e pela *Water Environment Federation* (WEF). A Tabela 3 contempla os métodos, seus respectivos números de referência no SMEWW e seus limites de detecção.

Tabela 3 - Métodos analíticos utilizados

Parâmetro	Método SMEWW	LD* (mg/l)
Nitrogênio Amoniacal	Nessler 4500 – NH ₃ B & C	0,05
Nitrogênio Orgânico	Semi-Micro Kjeldahl 4500 – Norg C	0,005
Nitrito	Método Colorimétrico 4500 – NO ₂ -B	0,01
Nitrato	Redução de Cádmio - 4500 – NO ₃ -E	0,01
Nitrogênio total	Método Persulfato 4500- Ntot - C	0,05
Fósforo total	Cloreto Estanoso 4500 – P D	0,03

* Limite de detecção

4.3 Análise estatística dos dados de água

4.3.1 Teste Kruskal-Wallis

Visando verificar a similaridade dos dados das triplicatas de cada ponto foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância de 5%, que é aplicado quando estão em comparação três ou mais grupos independentes.

O teste de Kruskal-Wallis é um teste de soma de rankings que serve para testar a suposição de que k amostras aleatórias independentes provêm de populações idênticas e, em particular, a hipótese nula de que $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$, contra a hipótese alternativa de que essas médias não são todas iguais (FREUND, 2000). Esse teste é uma alternativa não paramétrica à análise que se faz por recorrência ao teste paramétrico F de Snedecor, e pressupõe que as distribuições dos grupos são contínuas e apenas se diferem na localização (ZAR, 2010). Esse teste utiliza a tabela de distribuição de valores críticos do teste de Qui-Quadrado (χ^2) para a determinação do valor tabelado.

4.3.2 Teste Wilcoxon-Mann-Whitney

A comparação entre os pontos de coleta foi aplicado o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, empregado para comparação de dois grupos independentes com nível de significância de 5%. Se as populações apresentam número de amostras maior que 20, utiliza-se um procedimento de cálculo específico e compara-se o resultado calculado com o valor da tabela de valores críticos do teste t de Student para infinitos graus de liberdade. O procedimento adotado foi comparar o ponto 1 com o 2, o 3, o 4 e o 5; depois o ponto 2 com o 3, o 4 e o 5; e assim sucessivamente.

4.4 Eficiência de retenção dos nutrientes

Richardson (1996) relata que estudos sobre a hidrologia das zonas úmidas demonstram que a diversidade das condições físicas, químicas e biológicas tem

determinado uma alta complexidade para o seu entendimento. A função da hidrologia das *wetlands* naturais é determinada pelo tipo de zona úmida, posição topográfica (declividade, proximidade, largura, pequenos canais ou lagos), extensão da área e a sua interação com a água subterrânea.

Para se avaliar a capacidade de prestação de serviços ecológicos pela *wetland* do Riacho Fundo foi realizado um cálculo de eficiência de remoção dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total de acordo com a Equação 5 desenvolvida por Kadlec e Knight (1996).

$$Ef(\%) = 100 \times \left(\frac{[Ce - Cs]}{[Ce]} \right) \quad (5)$$

Onde, Ef representa a eficiência em porcentagem, Ce representa a concentração de entrada do parâmetro e Cs a concentração de saída. Para esse estudo considerou Ce o ponto 1 e Cs os pontos 3 e 4.

Para esse estudo foram estudadas duas eficiências de retenção; a primeira em relação ao ponto 1 (final da Bacia de Riacho Fundo) e ponto 4 (foz da *wetland* no Lago Paranoá); e uma segunda eficiência de retenção em relação ao ponto 1 (final da Bacia de Riacho Fundo) e ponto 3 (área de confluência da lagoa com o braço).

A eficiência de remoção em relação aos pontos 1 e 4 é justificada para se entender o processo de retenção de nutrientes da *wetland* no braço principal, sendo este um ambiente lótico. Já a eficiência de retenção em relação aos pontos 1 e 3 é necessária para entender a retenção dos nutrientes após a lagoa, um ambiente lântico, e sua confluência com o braço principal resultado em outra saída da *wetland* no Lago Paranoá.

5 Resultados e Discussão

5.1 Processamento das imagens

5.1.1 Imagens da Evolução da *wetland* ao longo do tempo

A Tabela 4 traz o ano da imagem, a figura contendo a imagem processada a ela relacionada e a área estimada de água na área da *wetland*.

Ano da imagem	Área em Km ²
1973	0,6272
1985	0,2646
1995	0,2196
2005	0,2250
2011	0,0999

É possível verificar que do ano de 1973 para o ano de 1985 houve uma perda de área de água estimada de 0,3626 km² ou 42,19% da área inicial verificada no ano de 1973 (Figura 19). Destaca-se na figura a indicação do ponto 1 de coleta, considerado como o início do *wetland* e a ETE Sul, como o final. Os pixels que foram selecionados por meio do módulo *n-Dimensional Visualizer* foram destacados em vermelho e superpostos às imagens. Nota-se no ano de 1973 que o espelho d'água ocupava praticamente toda a área compreendida entre o ponto 1 e a ETE Sul. Já no ano de 1985 percebe-se a presença de vegetação ocupando quase a metade do que antes aparecia como lâmina d'água, indicando o estabelecimento do assoreamento, bem como o do banco de macrófitas.

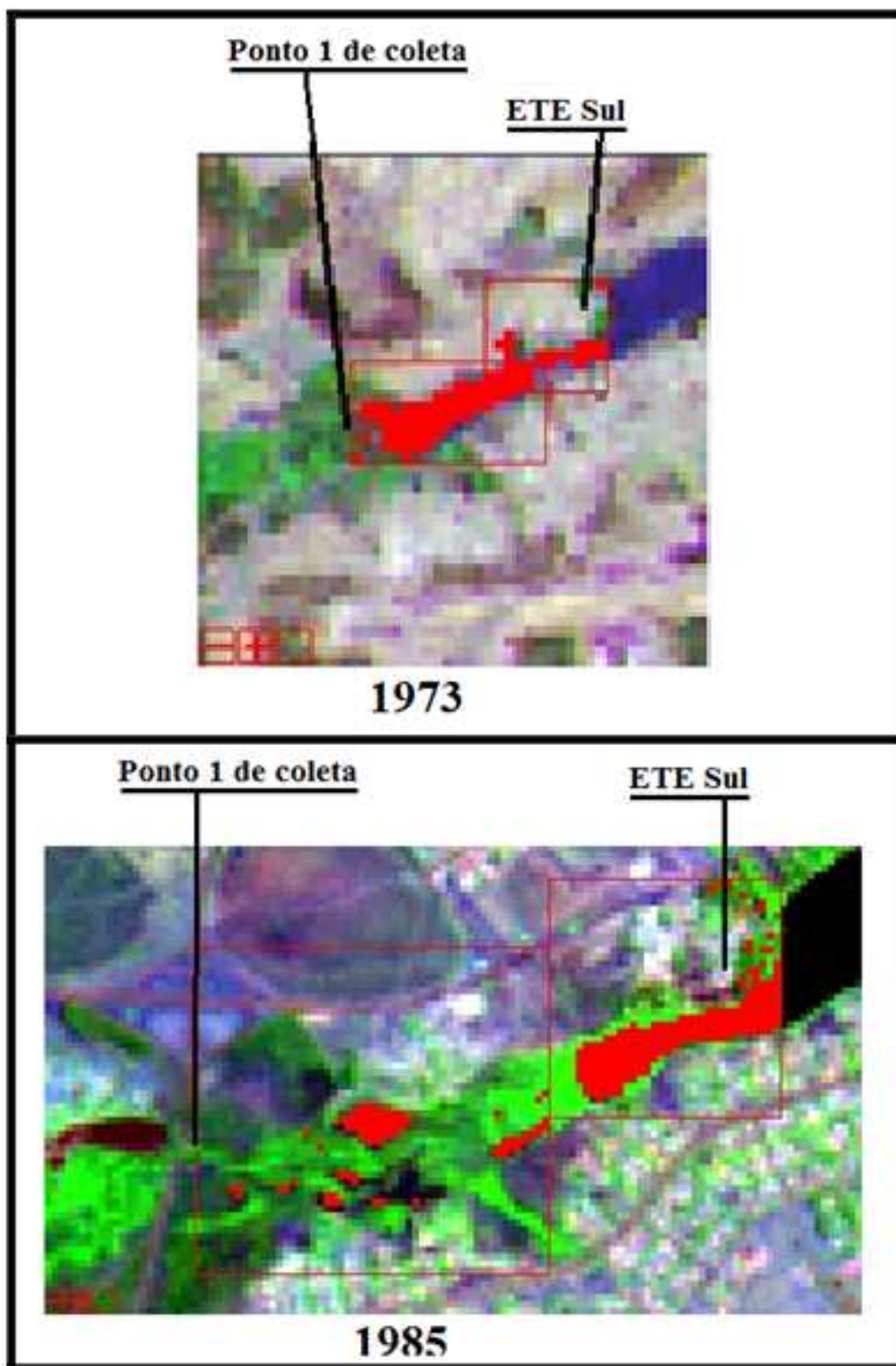


Figura 19 - Imagem do ano de 1973 a esquerda e a direita a imagem do ano de 1985. Em vermelho os pixels referentes à área de água.

Analisando comparativamente as imagens processadas dos anos de 1985 e 1995 observa-se uma perda de área de água estimada de 0,0450 km² ou 17,01% (Figura 20).

Ao se comparar a imagem do ano de 1995 com a imagem inicial do ano de 1973 estima-se uma perda de área de água de 0,3501 km² ou 59,24% da área inicial.

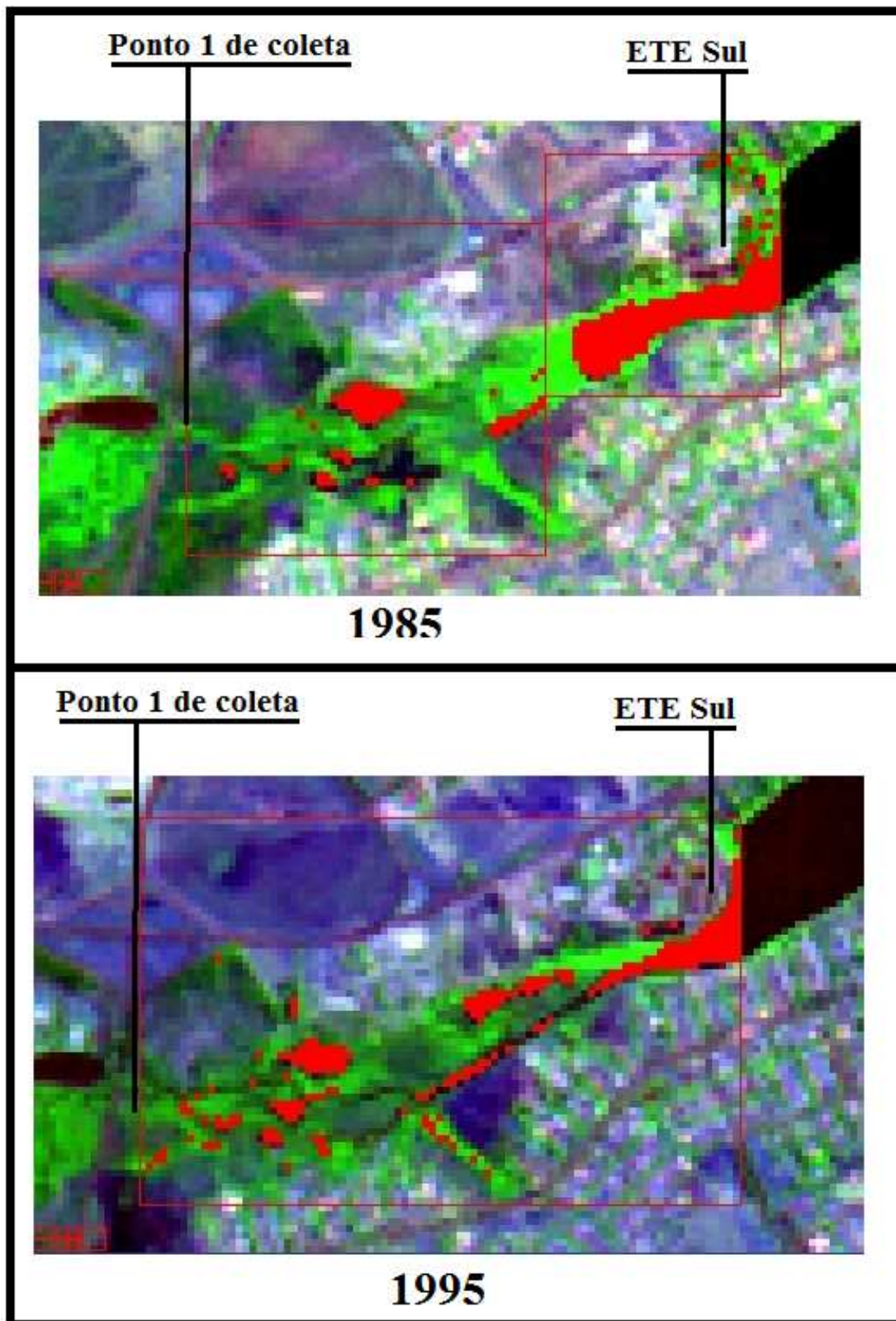


Figura 20 - Imagem do ano de 1985 acima e abaixo a imagem do ano de 1995. Em vermelho os pixels referentes à área de água e em verde os pixels referente à vegetação.

Do ano de 1995 para o ano de 2005 não houve perda de área de água, ao contrário dos anos anteriores houve um ganho. Tal fato é comprovado pelas imagens na Figura 21 e pela área de água estimada ter passado de 0,2196 km² no ano de 1995 para 0,2250 km² no ano de 2005. Isso representa um aumento de 0,0054 km² ou 2,46% de área do ano de 1995 para 2005. Contudo ao se comparar o ano de 2005 ao ano inicial de 1973 ainda percebe-se uma diminuição da área de água de 0,3587 km² ou 59,78% da área inicial.

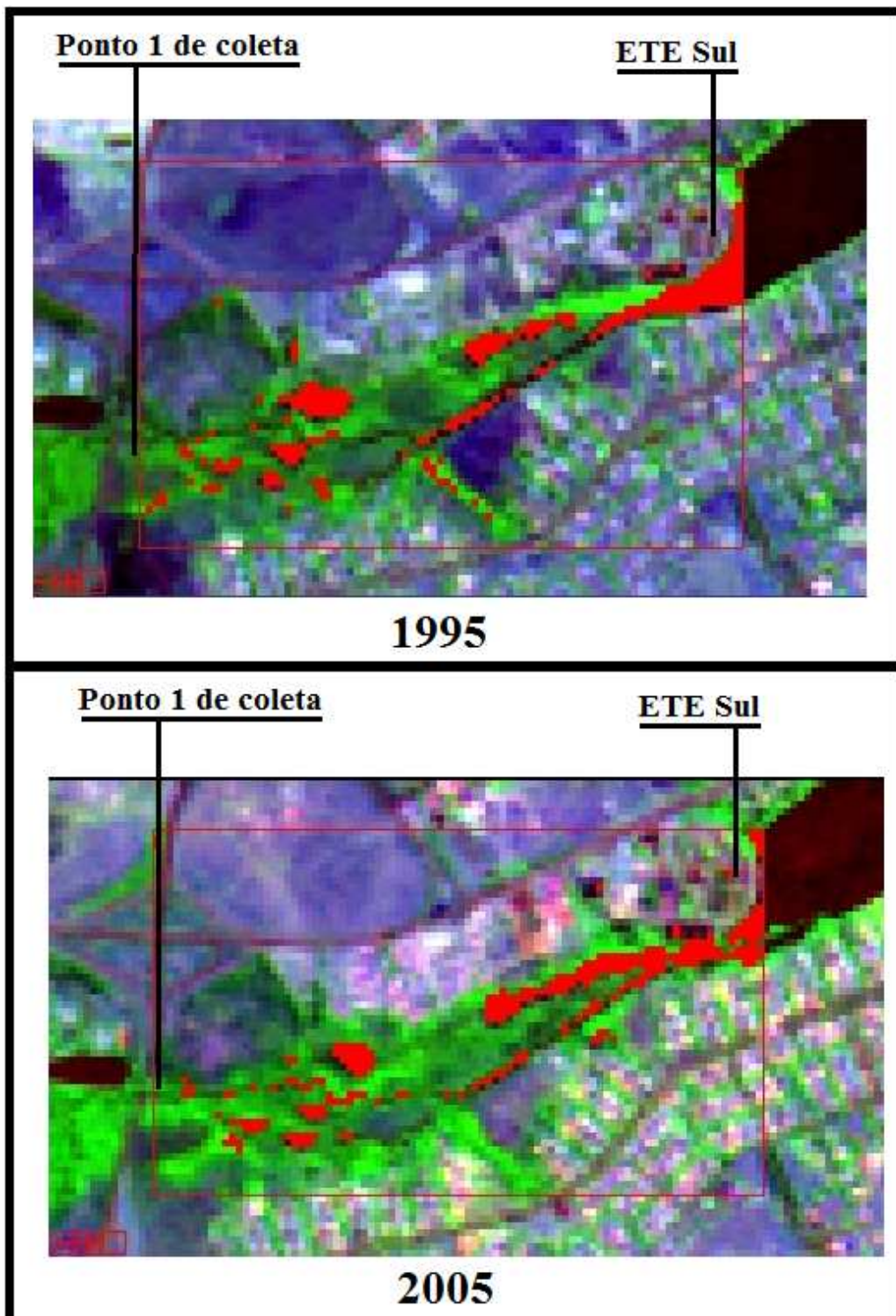


Figura 21 - Imagem do ano de 1995 acima e abaixo a imagem do ano de 2005. Em vermelho os pixels referente a área de água e em verde os pixels referente a vegetação.

Esse aumento da área de água pode ter ocorrido devido à dinâmica hidráulica da região. Regiões de área alagadas são altamente mutáveis podendo ocorrer mudanças em sua forma em função da vazão de aporte que pode carrear sólidos e alterar a batimetria

promovendo um leito para o desenvolvimento de plantas aquáticas. Por outro lado pode haver uma vazão muito alta que venha a alterar a profundidade da calha do rio alterando seu regime hídrico e sua forma.

No caso da *wetland* do Riacho Fundo o aumento da área de água foi devido ao surgimento da lagoa, que neste estudo foi considerado como ponto 3 de confluência da lagoa com o braço principal, nos anos de 1995 a 2005. Do ano de 1985 ao ano de 1995 houve um "estrangulamento" na foz pela vegetação isolando uma área de água dando origem a lagoa. Posteriormente devido à vazão de entrada na lagoa a vegetação funcionou como um "gargalo" retendo quase a totalidade da água que aportava, mas já se ligando ao braço principal. Logo, com o surgimento da lagoa houve o aumento da área de água do ano de 1995 para o ano de 2005.

O processo de formação da lagoa pode ser verificado na Figura 22. A seta amarela na terceira imagem na figura no ano de 2005 representa onde se localiza o ponto de coleta 3, a confluência da lagoa com o braço principal.

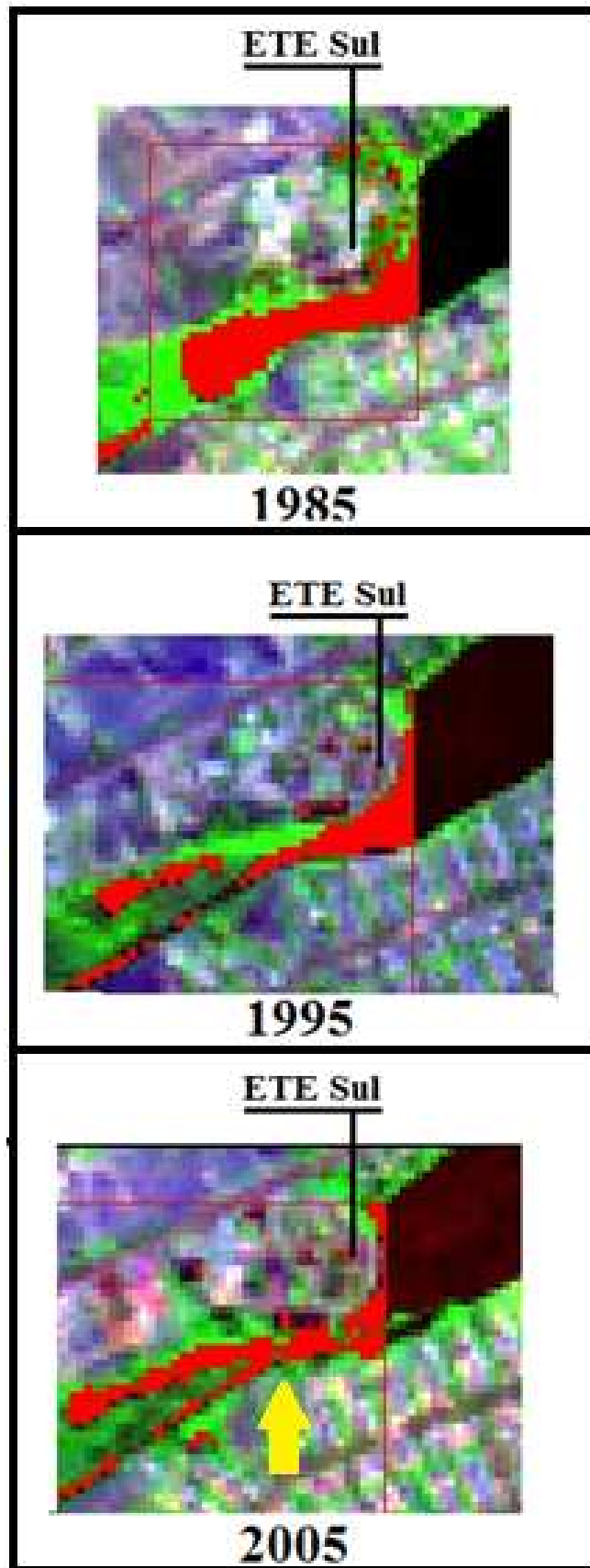


Figura 22 - Imagem do ano de 1985 a esquerda, do ano de 1995 ao centro e a direita a imagem do ano de 2005. Em vermelho os pixels referente a área de água e em verde os pixels referente a vegetação

No ano de 2011 a área de água foi estimada em 0,0999 km². Em relação ao ano de 2005 a área teve uma perda de área de água de 0,1251 km² representando 55,60% da área de 2005.

A Figura 23 ilustra a perda da área de água entre os anos de 2005 e 2011 e mostra como as lagoas isoladas a montante também perderam área de água. Não fica evidente na imagem de 2011 o rio principal da *wetland* devido à saturação do verde no pixel no qual se tinha a informação da água e verde, sendo considerado o pixel da imagem de tamanho de 30 metros por 30 metros.

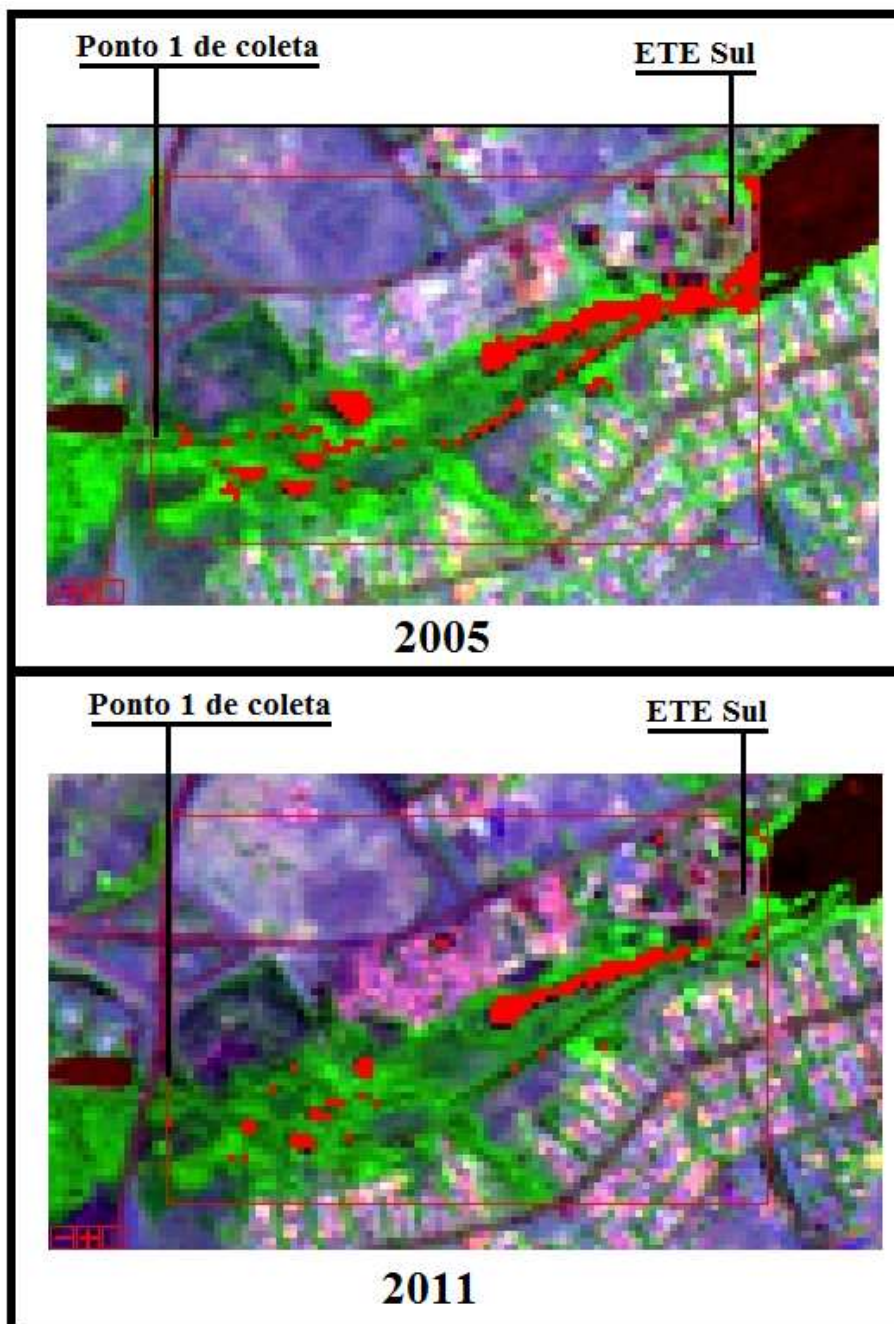


Figura 23- Imagem do ano de 2005 acima e do ano de 2011 abaixo. Em vermelho os pixels referente a área de água e em verde os pixels referente a vegetação.

Em relação ao ano de 1973 a perda de área de água foi de 0,5273 km² ou 84,07% da área de água inicial em 32 anos estudados Figura 24.

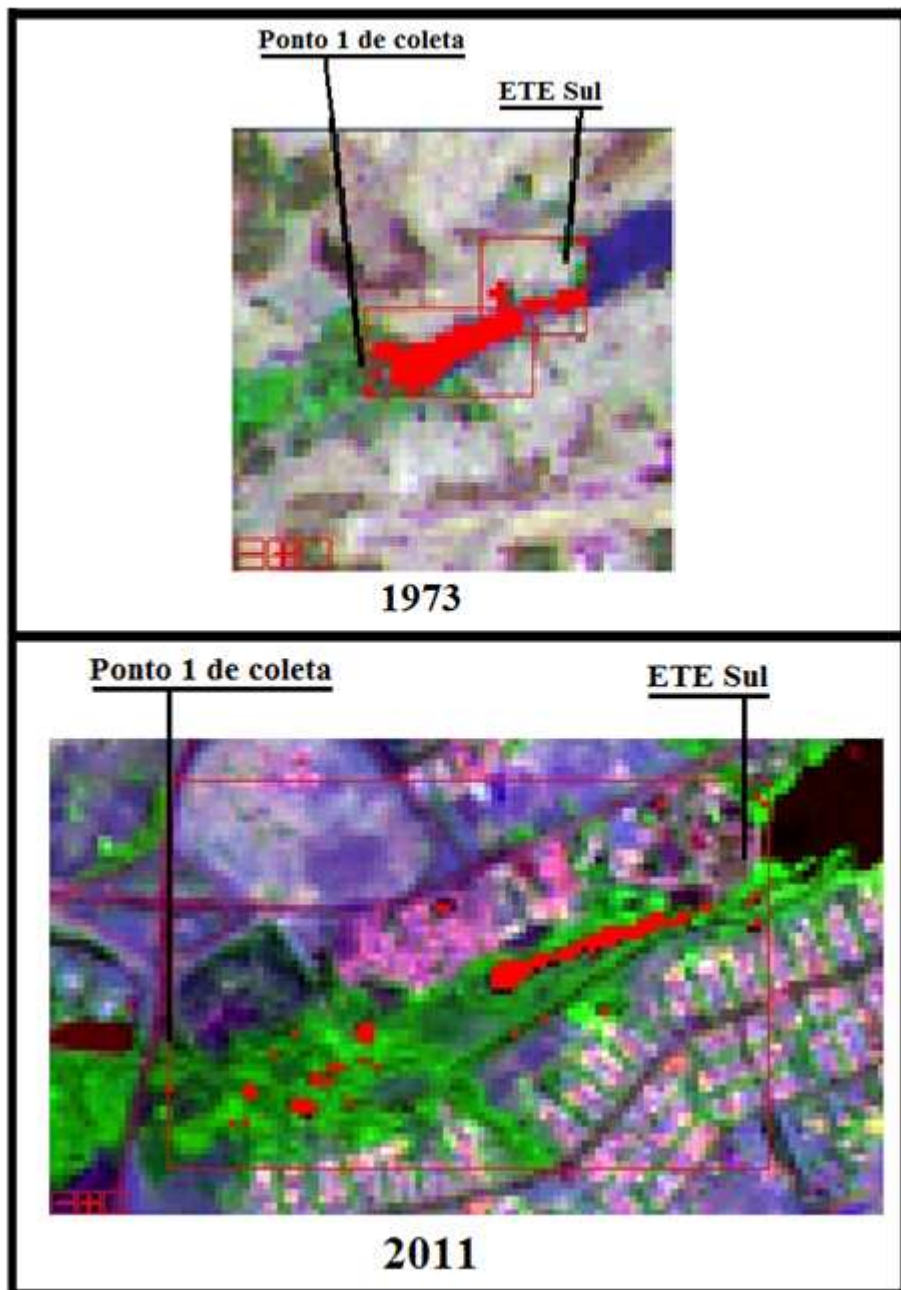


Figura 24 - Imagem do ano de 1973 acima e do ano de 2011 abaixo. Em vermelho os pixels referente a área de água e em verde os pixels referente a vegetação

Essa perda de área de água do Lago Paranoá e posterior formação da *wetland* do Riacho Fundo se deram em função do uso e ocupação desordenados da bacia do Riacho Fundo. Áreas verdes e de matas ciliares foram destituídas para uso de plantios e urbanização gerando em um aumento do escoamento superficial juntamente com sólidos e nutrientes que foram aportados na foz da bacia originando a *wetland* do Riacho Fundo.

Como pode ser observado na Figura 25, Terracap (2008) afirma que no de 1984 a área urbana da sub-bacia do Riacho fundo era de 2.912,981 ha, no ano de 1998 era de 6.260,532 ha e no ano de 2006 era de 10.889,895 ha. Logo, no estudo multitemporal de 22 anos foi quantificado um crescimento da área urbana de 7.976,914 ha ou de 273,84% em relação a área do ano de 1984. Esse crescimento urbano desordenado na bacia hidrográfica contribuiu para o crescimento da *wetland* o Riacho Fundo. Ao se impermeabilizar o solo aumenta-se o escoamento superficial que consequentemente aumenta a vazão de aporte no final da bacia na área da *wetland* podendo afetar o seu regime hídrico.

Outro fator como a retirada de matas nativas e de galeria para a urbanização contribui para o assoreamento da foz da bacia e promovendo um substrato para o desenvolvimento das plantas aquáticas. Segundo o estudo de Terracap (2008) a área de matas de galeria no ano de 1984 era de 2.391,888 ha, em 1998 de 2.022,147 ha e em 2006 1.579,353 ha. Em vinte e dois anos houve uma perda de 33,97% das matas de galeria na bacia do Riacho Fundo.

Por último, mas não menos importante, o uso de insumos agrícolas, como por exemplo, fertilizantes que contém em sua maioria nitrogênio e fósforo (macro nutrientes para plantas), contribuíram para o crescimento da *wetland* ao serem lixiviados e ficarem disponíveis para as plantas na foz do Riacho Fundo na área da *wetland*.

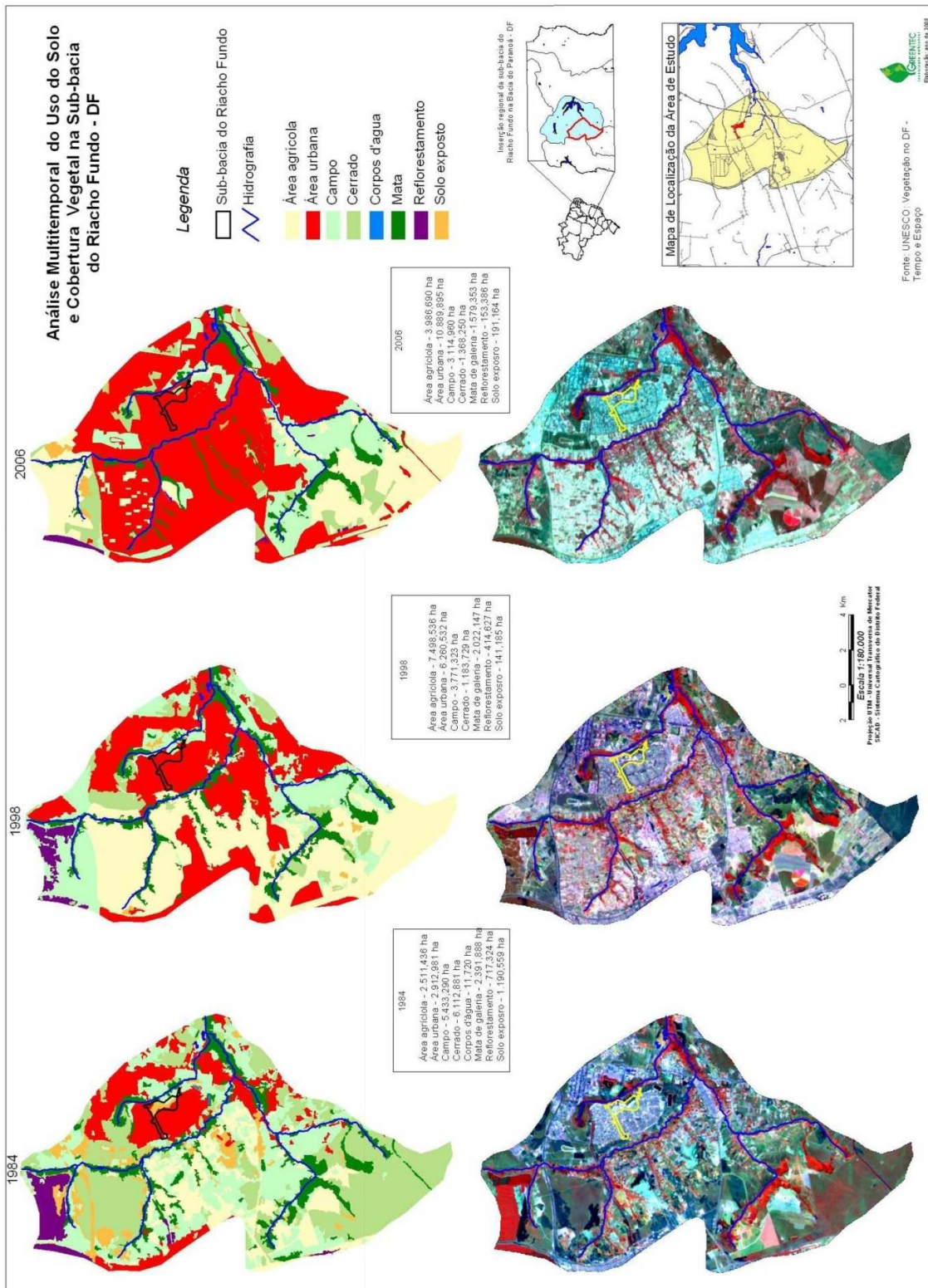


Figura 25 - Mapa Análise multitemporal do uso do solo e cobertura vegetal na Sub-Bacia do Riacho Fundo (TERRCAP, 2008)

5.2 Análise de água

Para o entendimento do comportamento dos parâmetros analisados ao longo dos pontos e ao longo do tempo, foram extraídas as médias mensais das triplicatas e gerados gráficos para melhor visualização. Todos os resultados das triplicatas se encontram no apêndice do trabalho.

5.2.1 Comportamento do nitrogênio nos pontos e períodos

5.2.1.1 Nitrogênio orgânico

A Tabela 5 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do nitrogênio orgânico ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice A.

Tabela 5 - Médias mensais do nitrogênio orgânico (mg/l) nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	0,022	0,021	0,014	0,014	0,009
Dezembro/2011	0,023	0,022	0,014	0,015	0,010
Janeiro/2012	0,022	0,021	0,014	0,015	0,009
Fevereiro/2012	0,024	0,023	0,015	0,016	0,011
Março/2012	0,027	0,025	0,016	0,018	0,012
Abril/2012	0,023	0,021	0,014	0,015	0,010
Mai/2012	0,022	0,020	0,013	0,014	0,010
Junho/2012	0,022	0,021	0,014	0,010	0,008
Julho/2012	0,027	0,026	0,018	0,012	0,009
Agosto/2012	0,031	0,028	0,019	0,015	0,011
Setembro/2012	0,034	0,031	0,021	0,016	0,010
Outubro/2012	0,036	0,032	0,021	0,017	0,009

A Figura 26 mostra o comportamento do nitrogênio orgânico no período da chuva nos pontos 1 a 5. No período chuvoso nos meses de novembro a janeiro há uma ligeira queda entre os pontos 1 e 2 mostrando um princípio de retenção de nutrientes pela *wetland*.

O ponto 3 (lagoa da confluência) apresentou uma concentração menor que a dos pontos 1 e 2 assim como o ponto 4, porém, o quarto ponto apresenta uma concentração ligeiramente maior que no ponto 3. Isso mostra que na lagoa (ponto 3) a concentração é menor devido ao ambiente ser lântico e os processos envolvidos no ciclo transformam o nitrogênio orgânico em nitrato com maior eficiência.

O ponto 5 apresentou a menor concentração entre todos os pontos comparados podendo esta menor concentração estar relacionada a influência do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto Sul da CAESB.

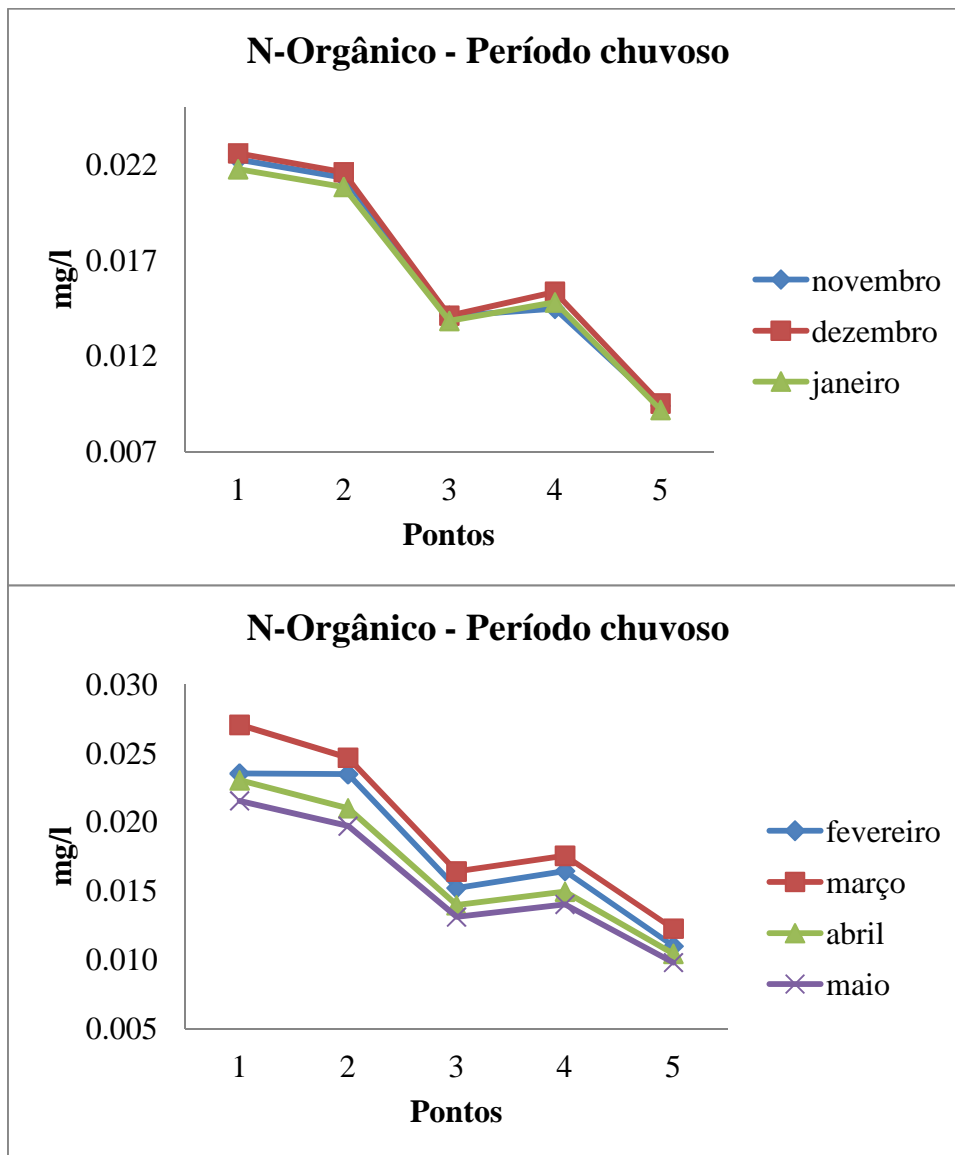


Figura 26 - Comportamento do Nitrogênio Orgânico no período da chuva nos pontos 1 a 5.

No período da seca o nitrogênio orgânico seguiu um comportamento de queda suave entre os pontos 1 e 2 assim como no período da chuva. O ponto 3 (lagoa da confluência) apresentou uma concentração menor que a dos pontos 1 e 2 seguindo o comportamento dos meses de chuva (Figura 27).

Ao contrário do período da chuva, o quarto ponto apresentou uma concentração ligeiramente menor que no ponto 3. Esse fato pode ser causa do ponto de coleta estar extremamente assoreado fazendo com o que o nitrogênio orgânico da baixa lâmina d'água sofra o processo de amonificação em um solo aeróbico da *wetland*. O ponto 5 apresentou a menor concentração de todos os pontos comparados.

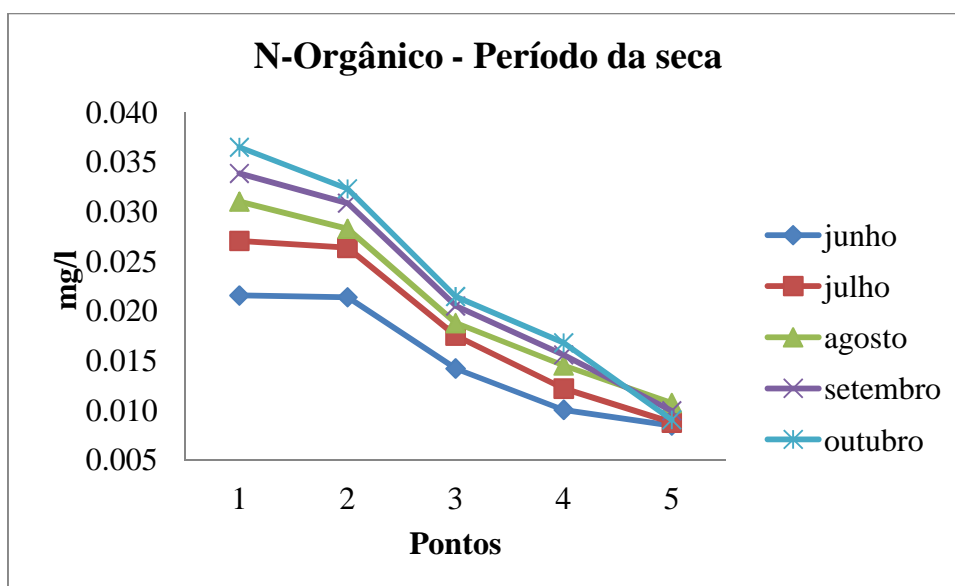


Figura 27 - Comportamento do Nitrogênio Orgânico no período da seca nos pontos 1 a 5.

A queda tanto no período da seca quanto da chuva dos pontos 1 a 5 mostra que o nitrogênio orgânico, devido a seu ciclo dentro da *wetland* do Riacho Fundo, pode ter sido nitrificado e disponibilizado na forma de nitrogênio amoniacal e nitrato.

A Figura 28 mostra o comportamento do nitrogênio orgânico ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos seguiram uma tendência

correlata entre os mesmos. Observa-se que nos meses de fevereiro e março há um aumento de concentração nos pontos e no mês de abril novamente volta a baixar.

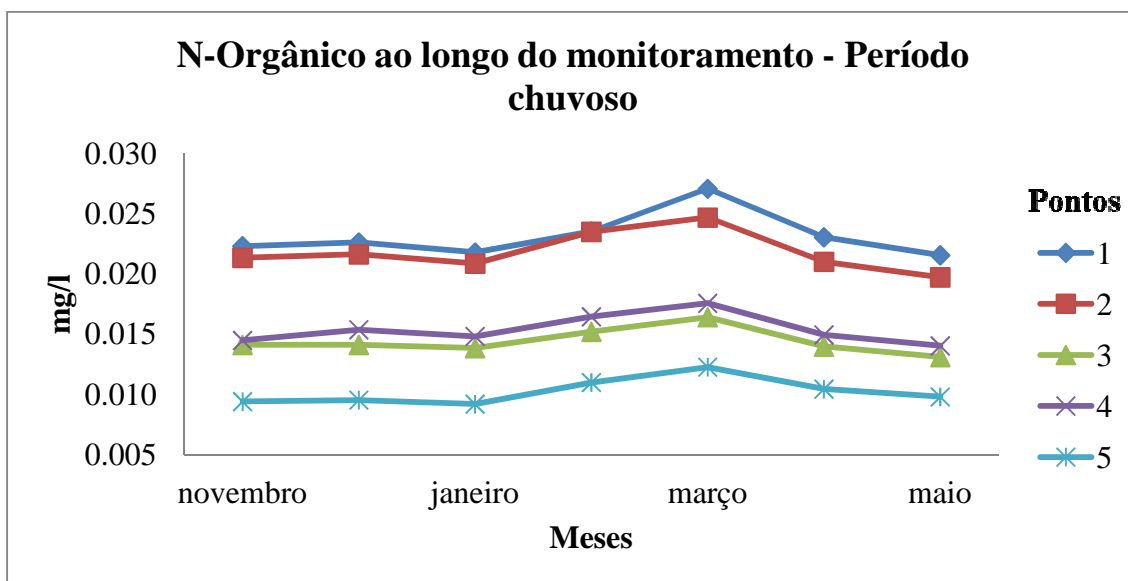


Figura 28 - Comportamento do Nitrogênio Orgânico de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

Esse aumento na concentração nos meses de fevereiro a março e decaimento em abril pode ser explicado juntamente com a chuva acumulada mensal. Segundo Inmet (2012), conforme Figura 29, o gráfico da chuva acumulada mensal do ano de 2012 mostra um aumento na chuva do mês de fevereiro para o mês de março e um decaimento do mês de março para o mês de abril seguindo a tendência do nitrogênio orgânico.

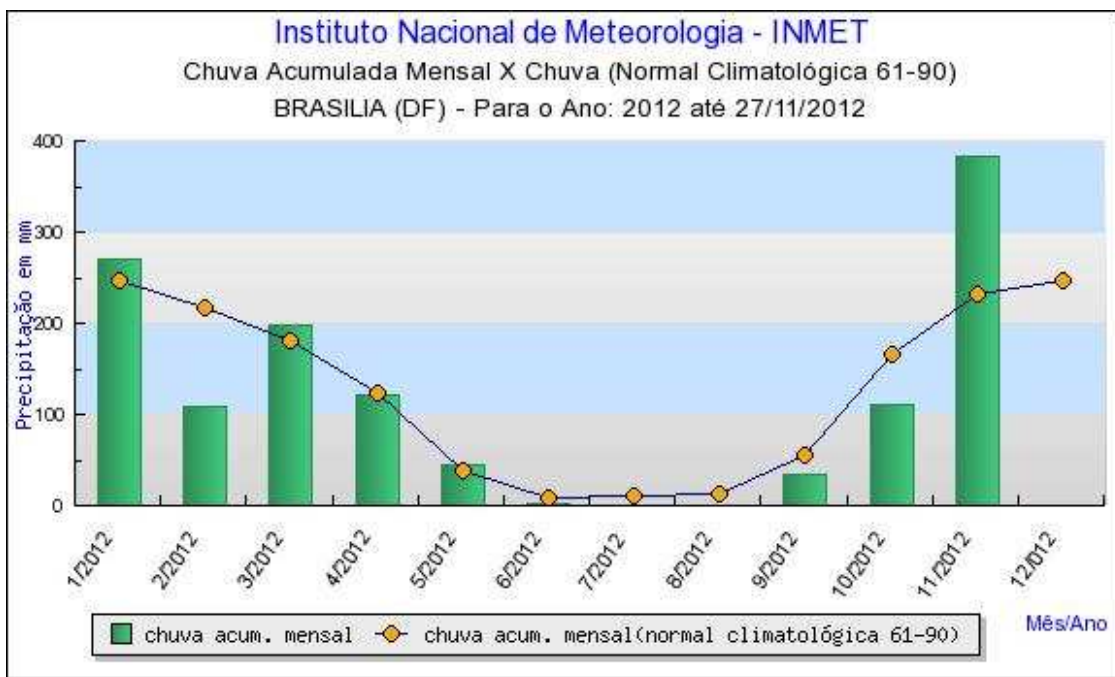


Figura 29 - Chuva acumulada mensal x Chuva (Normal Climatológica 61-90). Fonte INMET.

Observa-se que ao longo do período da seca, conforme a Figura 30, houve a tendência de concentração de nutrientes nos pontos. Esse aumento da concentração ao longo do monitoramento pode ser devido à diminuição da lâmina de água e aumento na concentração dos nutrientes. O ponto 5 não se comportou da mesma maneira que os demais pontos, tendo, no mês de setembro, um início de decaimento de concentração.

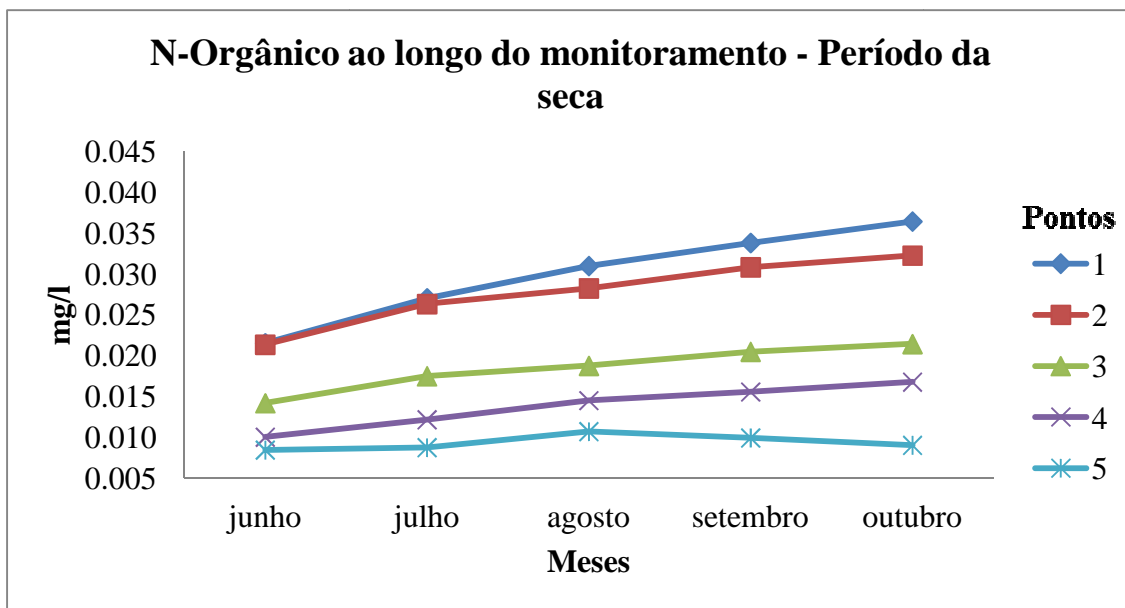


Figura 30 - Comportamento do Nitrogênio Orgânico de junho de 2012 a outubro de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.2 Nitrogênio amoniacal

A Tabela 6 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do nitrogênio amoniacal ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice B.

Tabela 6 - Médias mensais do nitrogênio amoniacal (mg/l) nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	0,643	0,589	0,413	0,424	1,549
Dezembro/2011	0,591	0,542	0,331	0,360	1,448
Janeiro/2012	0,500	0,458	0,332	0,355	0,864
Fevereiro/2012	0,539	0,499	0,352	0,381	1,089
Março/2012	0,601	0,525	0,380	0,407	1,215
Abril/2012	0,512	0,447	0,324	0,346	1,034
Maió/2012	0,472	0,419	0,304	0,325	0,970
Junho/2012	0,455	0,383	0,330	0,305	1,053
Julho/2012	0,561	0,438	0,406	0,303	1,298
Agosto/2012	0,632	0,505	0,458	0,300	1,463
Setembro/2012	0,683	0,546	0,503	0,384	1,609
Outubro/2012	0,712	0,622	0,521	0,421	1,664

A Figura 31 mostra o comportamento do nitrogênio amoniacal no período da chuva nos pontos 1 a 5. No período chuvoso nos meses de novembro a janeiro há uma ligeira queda entre os pontos 1 e 2. O ponto 3 possui uma concentração ligeiramente maior que o ponto 4 de nitrogênio amoniacal.

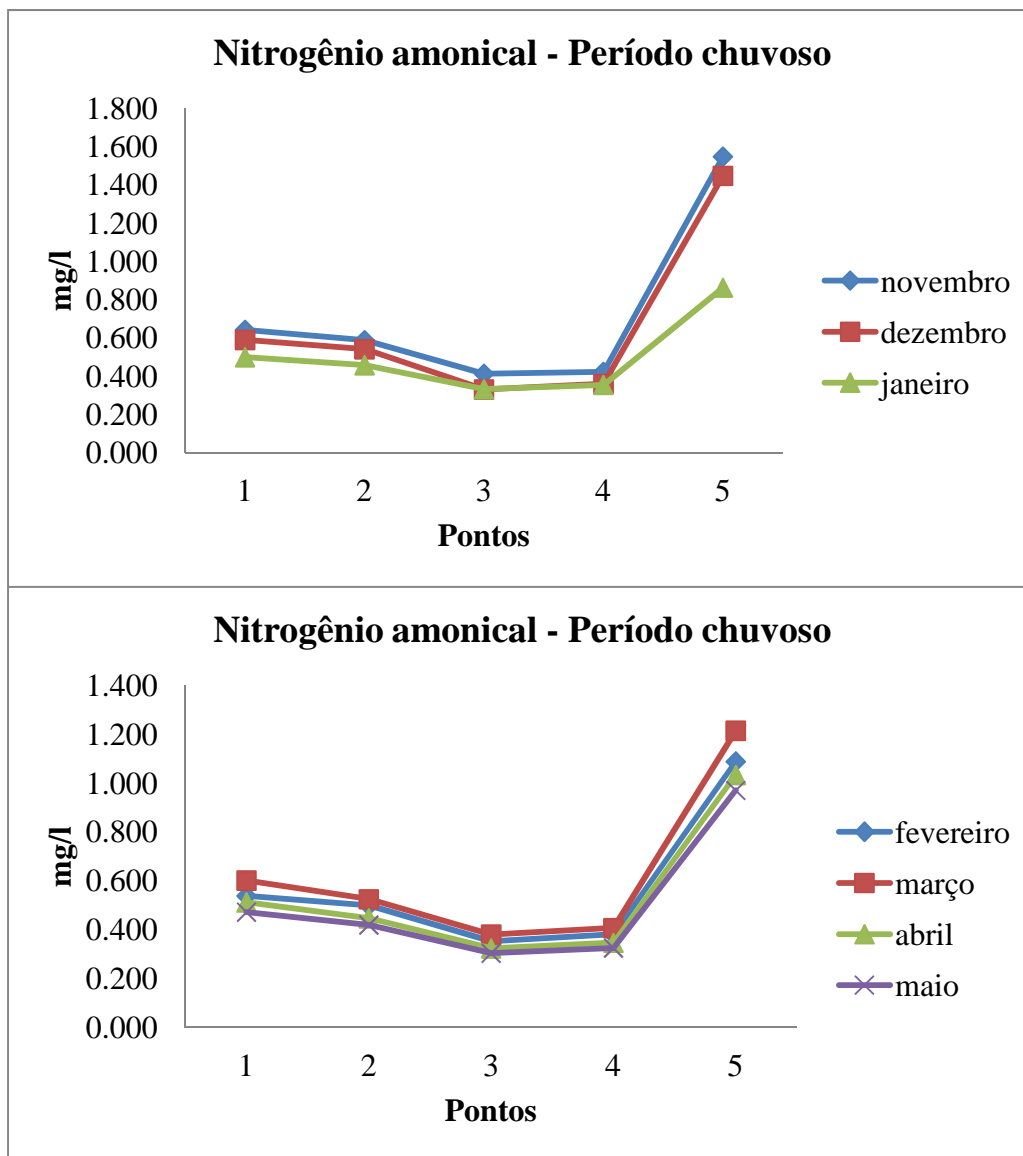


Figura 31 - Comportamento do Nitrogênio amoniacal no período da chuva nos pontos 1 a 5.

O ponto 5 independente da estação apresentou a maior concentração entre todos os pontos comparados durante o monitoramento. Acredita-se que tal concentração de nitrogênio amoniacal seja fruto da influência da Estação de Tratamento de Esgoto Sul

da CAESB, já que há o lançamento de esgoto tratado influenciando o ponto cinco de coleta. Dados fornecidos pela CAESB, amostrados no mesmo ponto, mostram o nitrogênio amoniacal e total com essa mesma tendência.

A Figura 32 mostra o comportamento do nitrogênio amoniacal no período da seca nos pontos 1 a 5. O comportamento geral foi de decaimento da concentração ao longo da *wetland* tendo o ponto 5 como discrepante em motivos supracitados. Diferente do comportamento na estação da chuva, o nitrogênio amoniacal na estação seca do ponto 3 teve concentração média maior do que o ponto 4.

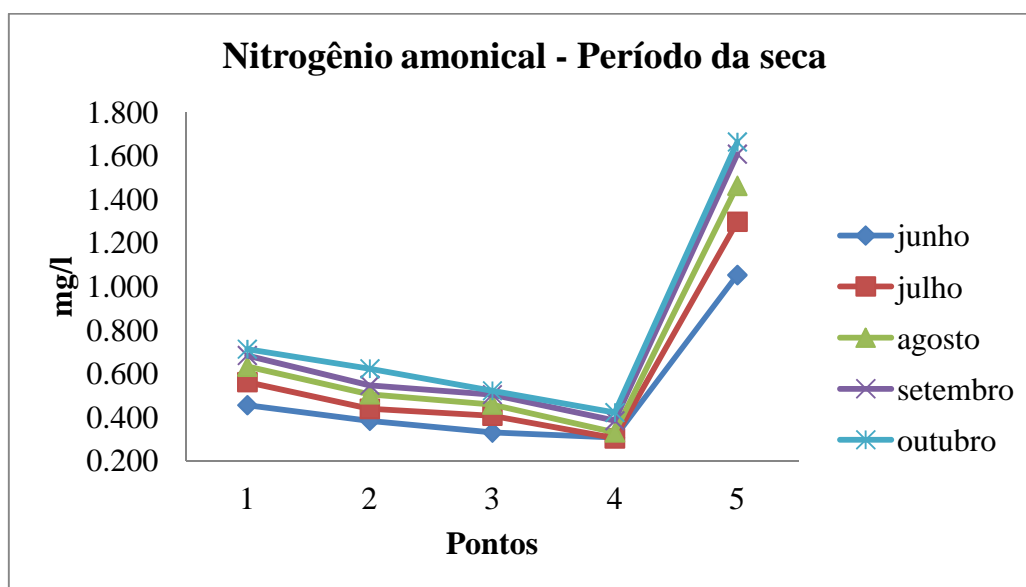


Figura 32 - Comportamento do Nitrogênio amoniacal no período da seca nos pontos 1 a 5.

A Figura 33 mostra o comportamento do nitrogênio amoniacal ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos dentro da *wetland* seguiram uma mesma tendência. O ponto 5 apresentou uma concentração maior e com uma queda em janeiro voltando a subir no mês de fevereiro. Foi constatada também a relação de aumento de concentração do mês de fevereiro para o de março e um decaimento de março para o mês de abril em função do aumento da chuva já salientado.

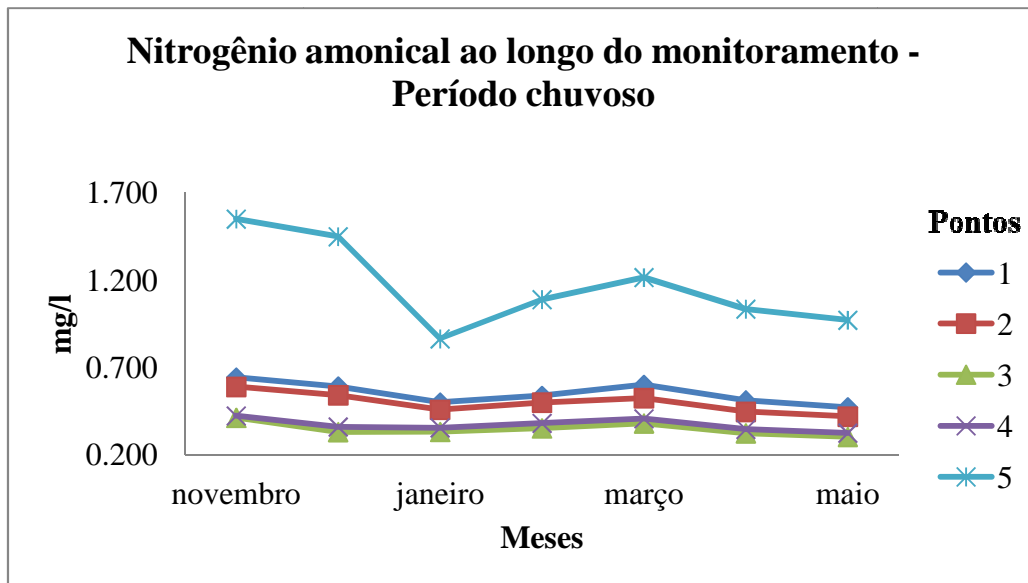


Figura 33- Comportamento do Nitrogênio amoniacal de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

Observou-se que ao longo do período da seca, conforme a Figura 34, houve uma tendência de concentração de nutrientes nos pontos. Esse aumento da concentração ao longo do monitoramento pode ser devido à diminuição da lâmina de água e aumento na concentração dos nutrientes. O ponto 5 se comportou da mesma maneira que os demais pontos, porém seu aumento de concentração não pode ser relacionado à diminuição da lâmina de água.

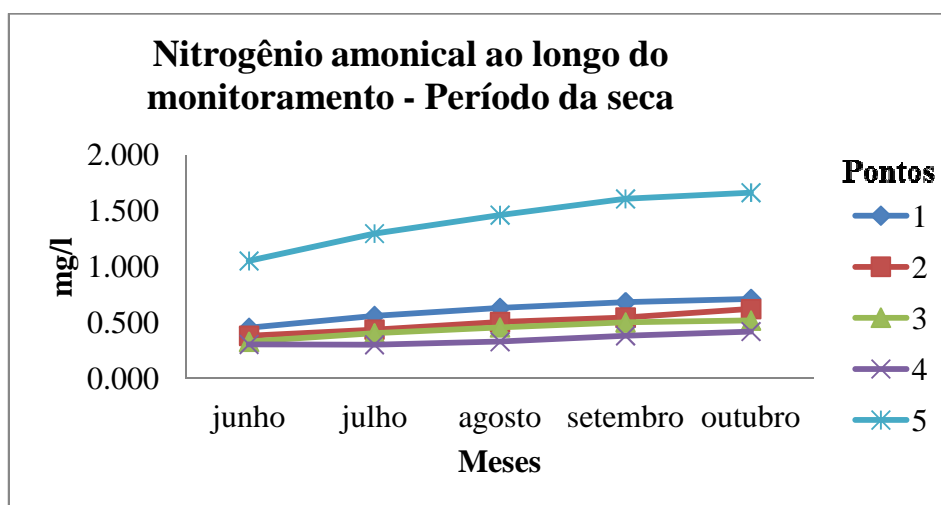


Figura 34- Comportamento do Nitrogênio amoniacal de junho de 2012 a outubro de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.3 Nitrito

A Tabela 7 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do nitrito ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice C.

Tabela 7 - Médias mensais do nitrito (mg/l) nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	0,087	0,081	0,055	0,057	0,101
Dezembro/2011	0,080	0,074	0,050	0,055	0,093
Janeiro/2012	0,068	0,063	0,043	0,046	0,087
Fevereiro/2012	0,073	0,069	0,046	0,050	0,091
Março/2012	0,082	0,072	0,050	0,053	0,101
Abril/2012	0,070	0,061	0,042	0,045	0,086
Mai/2012	0,065	0,058	0,040	0,042	0,080
Junho/2012	0,063	0,056	0,043	0,040	0,088
Julho/2012	0,077	0,061	0,053	0,039	0,108
Agosto/2012	0,083	0,065	0,057	0,039	0,116
Setembro/2012	0,087	0,076	0,060	0,052	0,123
Outubro/2012	0,089	0,083	0,061	0,053	0,124

A Figura 35 mostra o comportamento do nitrito no período da chuva nos pontos 1 a 5. No período chuvoso há uma breve queda na concentração de nitrito entre os pontos 1 e 2. Assim como o nitrogênio amoniacal, o nitrito no ponto 3 possui uma concentração ligeiramente maior que o ponto 4.

Outra característica similar do comportamento do nitrito ao nitrogênio amoniacal é no ponto 5 haver uma concentração maior de nitrito maior do que na entrada da *wetland*. Esse nitrito pode ser fruto da nitrificação advinda da alta concentração de nitrogênio amoniacal.

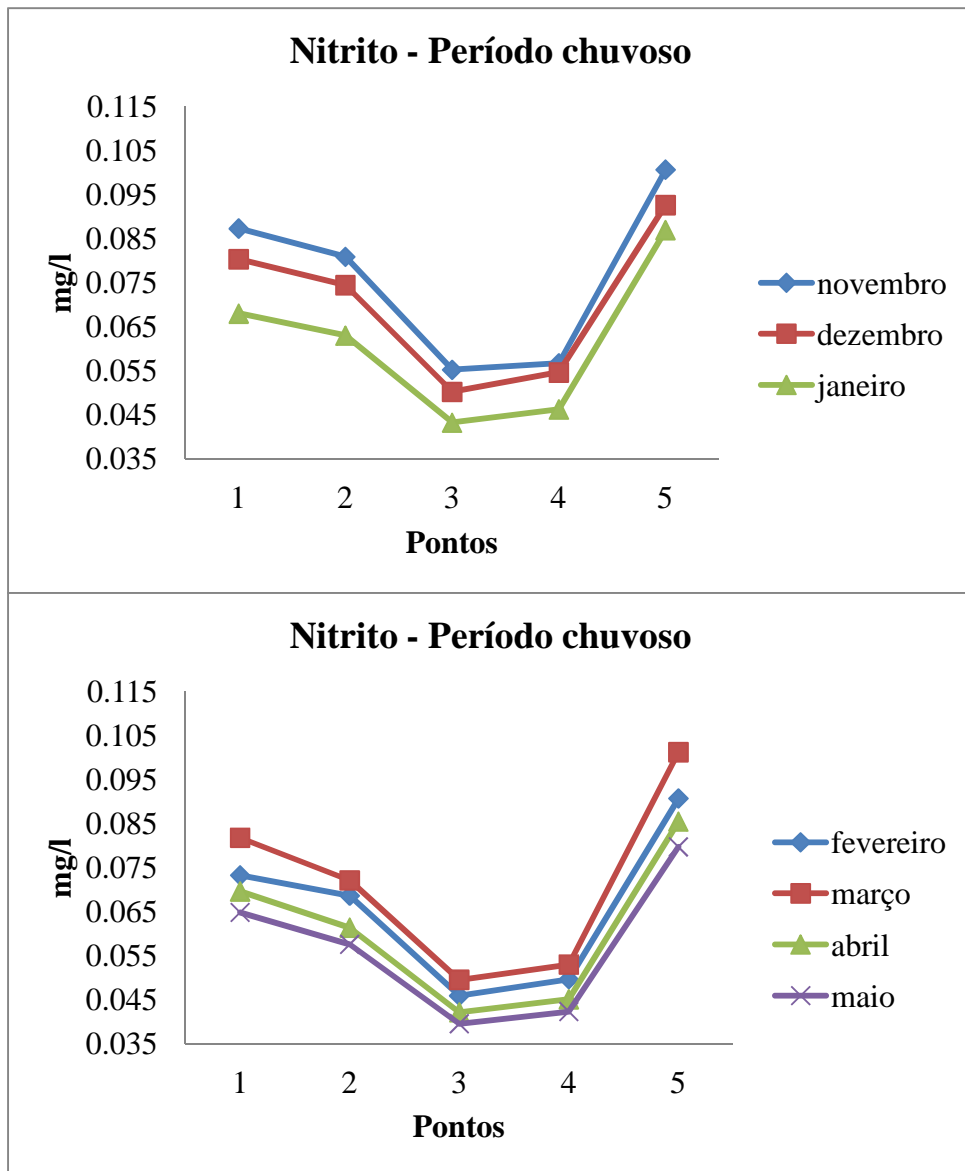


Figura 35 - Comportamento do nitrito no período da chuva nos pontos 1 a 5.

A Figura 36 mostra o comportamento do nitrito no período da seca nos pontos 1 a 5. O comportamento geral foi de decaimento da concentração ao longo da *wetland* tendo o ponto 5 como discrepante novamente. Assim como no nitrogênio amoniacal a explicação que tal concentração de nitrito seja fruto da influência da Estação de Tratamento de Esgoto Sul da CAESB, já que há o lançamento de esgoto tratado influenciando o ponto. Diferente do comportamento na chuva, o nitrito na seca no ponto 3 teve concentração média maior em relação ao ponto 4, assim como o nitrogênio amoniacal.

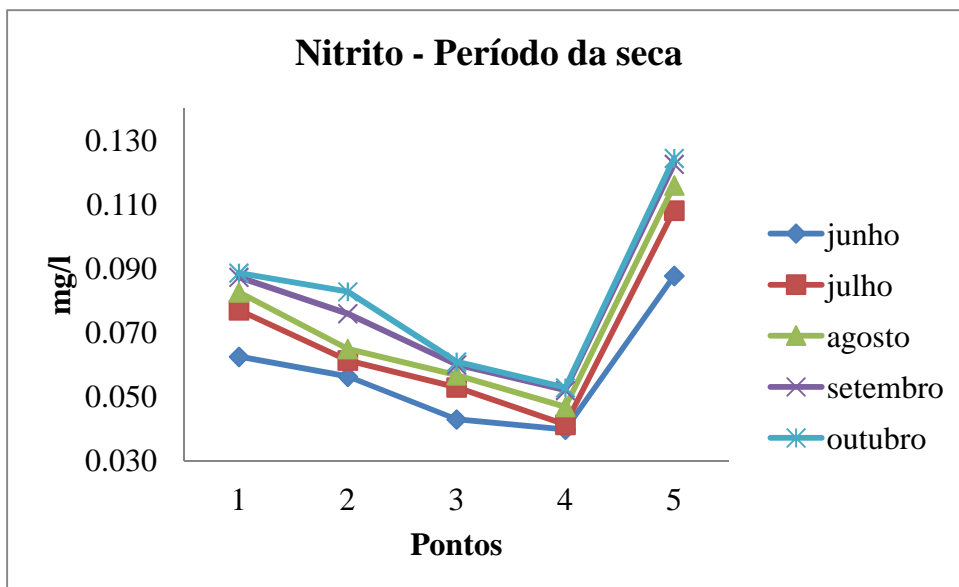


Figura 36 - Comportamento do nitrito no período da seca nos pontos 1 a 5.

A Figura 37 mostra o comportamento do nitrito ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos dentro da *wetland* seguiram a mesma tendência apresentando uma queda no mês de janeiro voltado a subir no mês de fevereiro. Foi constatada também a relação de aumento de concentração do mês de fevereiro para o de março e um decaimento de março para o mês de abril também em função da chuva.

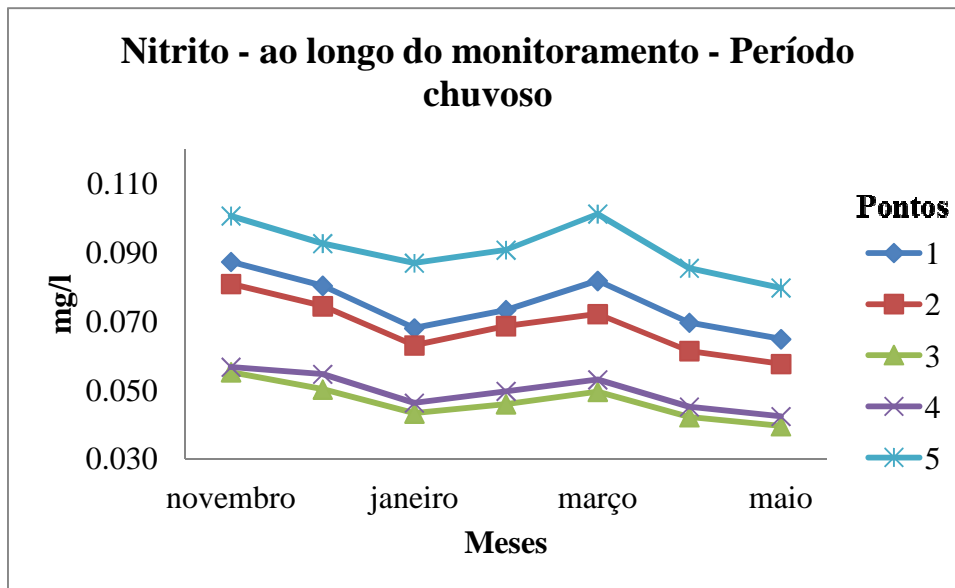


Figura 37 - Comportamento do nitrito de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

Durante o período da seca, conforme a Figura 38, há uma tendência de concentração de nutrientes nos pontos 1 a 4 da *wetland*. Esse aumento, assim como no caso do nitrogênio orgânico, pode ser devido a diminuição da lâmina de água e aumento na concentração dos nutrientes nos pontos.

O ponto 5 também seguiu a tendência dos demais pontos e assim como no comportamento do nitrogênio amoniacal o nitrito não pode ter seu aumento de concentração relacionado a diminuição da lâmina de água.

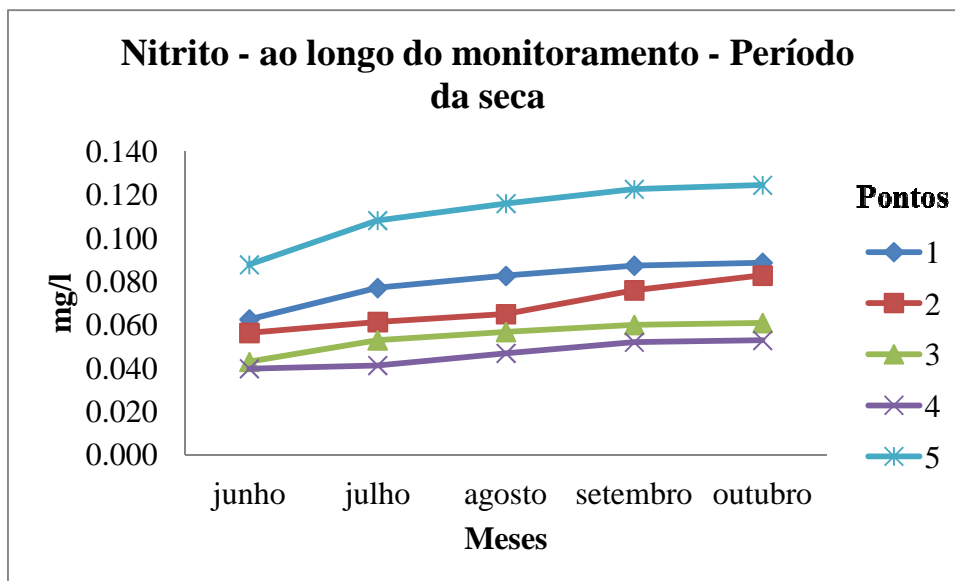


Figura 38 - Comportamento do nitrito de junho de 2012 a outubro de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.4 Nitrato

A Tabela 8 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do nitrato ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice D.

Tabela 8 - Médias mensais do nitrato (mg/l) nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	1,061	1,015	0,671	0,689	0,542
Dezembro/2011	0,973	0,931	0,608	0,662	0,507
Janeiro/2012	0,824	0,788	0,524	0,560	0,302
Fevereiro/2012	0,887	0,859	0,556	0,601	0,381
Março/2012	0,991	0,902	0,600	0,642	0,425
Abril/2012	0,836	0,768	0,511	0,546	0,362
Mai/2012	0,784	0,721	0,479	0,513	0,340
Junho/2012	0,782	0,742	0,520	0,482	0,368
Julho/2012	0,964	0,735	0,641	0,477	0,454
Agosto/2012	1,130	0,729	0,703	0,474	0,533
Setembro/2012	1,312	1,045	0,872	0,683	0,618
Outubro/2012	1,389	1,070	0,923	0,694	0,654

A Figura 39 mostra o comportamento do nitrato no período da chuva nos pontos 1 a 5, No período chuvoso entre os pontos 1 e 2 observou-se uma ligeira diminuição na

concentração de nitrato. No ponto 3, assim como o nitrogênio amoniacal e o nitrito, o nitrato tem uma concentração um pouco menor que no ponto 4 durante o período da chuva. Ao contrário do nitrogênio amoniacal e do nitrito, o nitrato no ponto 5 seguiu o comportamento do nitrogênio orgânico estando com uma concentração abaixo da concentração dos pontos 3 e 4.

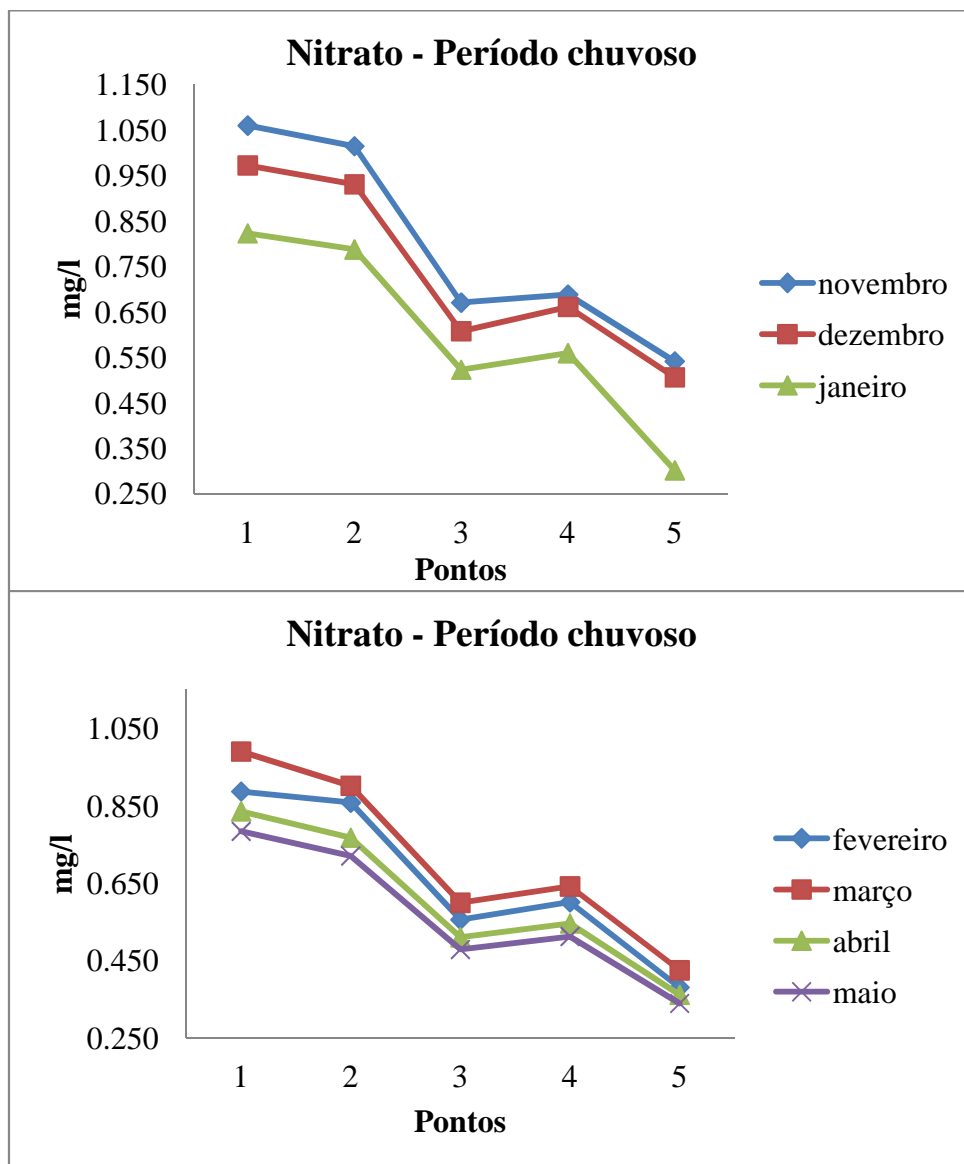


Figura 39 - Comportamento do nitrato no período da chuva nos pontos 1 a 5.

A Figura 40 mostra o comportamento do nitrato no período da seca nos pontos 1 a 5. O comportamento geral do nitrato no período da seca foi de decaimento da

concentração ao longo da *wetland*. Ao contrário do comportamento na chuva, o nitrato no período da seca no ponto 3 teve concentração média maior em relação ao ponto 4.

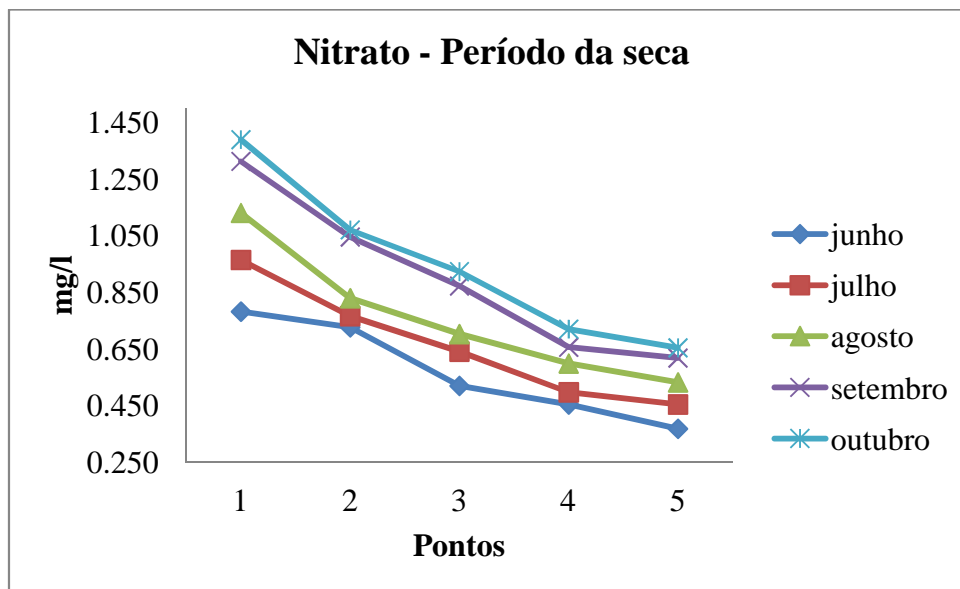


Figura 40 - Comportamento do nitrato no período da seca nos pontos 1 a 5.

A Figura 41 mostra o comportamento do nitrato ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos dentro da *wetland* seguiram uma tendência correlata entre os mesmos apresentando uma queda no mês de janeiro voltado a subir no mês de fevereiro. O ponto 5 teve uma queda bruta na concentração média no mês de janeiro. Foi constatada também a relação de aumento de concentração do mês de fevereiro para o mês de março e um decaimento do mês de março para o mês de abril em função do regime hídrico visto no ano de 2012, segundo a Figura 29.

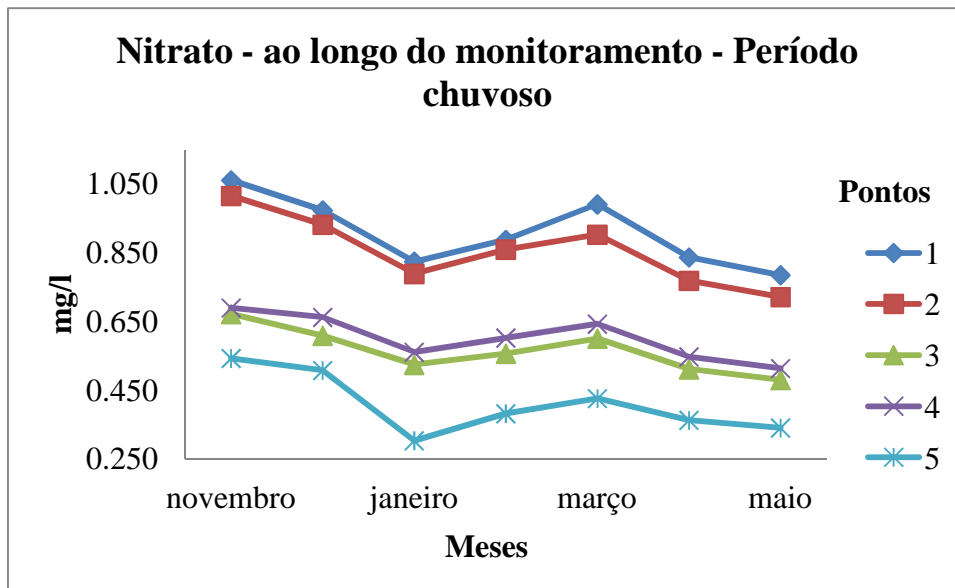


Figura 41 - Comportamento do nitrato de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

Durante o período da seca, conforme a Figura 42, há uma tendência de concentração de nutrientes nos pontos 1 a 4 da *wetland*. Esse aumento, assim como no caso dos outros nutrientes da série do nitrogênio estudados, pode ser devido a diminuição da lâmina de água e aumento na concentração dos nutrientes nos pontos. O ponto 5 também seguiu a tendência dos demais pontos e assim como no comportamento dos nutrientes da série do nitrogênio. Esse aumento de concentração não pode ser relacionado a diminuição da lâmina de água devido a característica do ponto.

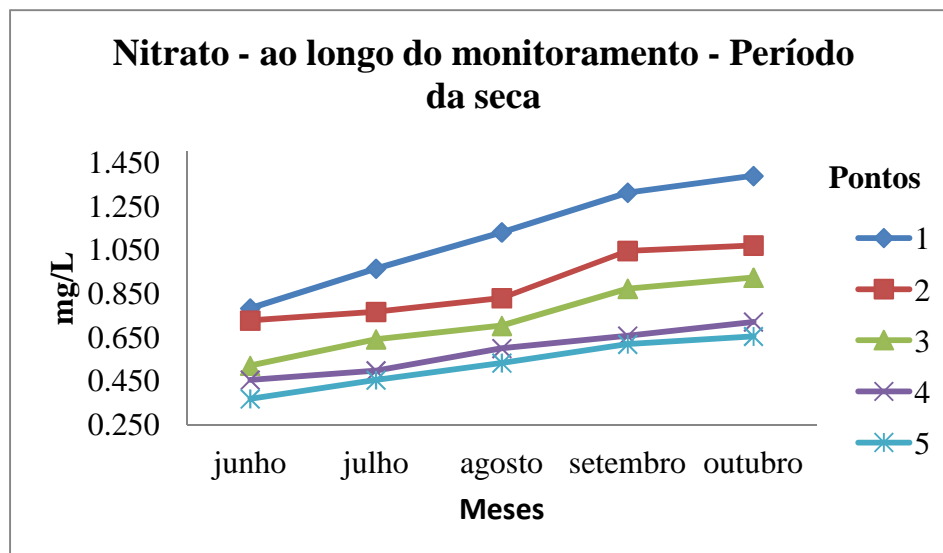


Figura 42 - Comportamento do nitrato de junho de 2012 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.5 Nitrogênio total

A Tabela 9 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do nitrogênio total ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice E.

Tabela 9 - Médias mensais do nitrogênio (mg/l) total nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	1,810	1,707	1,153	1,184	2,201
Dezembro/2011	1,667	1,569	1,004	1,092	2,057
Janeiro/2012	1,413	1,331	0,912	0,976	1,254
Fevereiro/2012	1,523	1,450	0,970	1,049	1,571
Março/2012	1,701	1,524	1,046	1,119	1,753
Abril/2012	1,441	1,297	0,890	0,953	1,492
Maió/2012	1,343	1,217	0,835	0,894	1,400
Junho/2012	1,321	1,266	0,907	0,837	1,520
Julho/2012	1,629	1,259	1,118	0,832	1,873
Agosto/2012	1,876	1,252	1,236	0,828	2,126
Setembro/2012	2,135	1,741	1,461	1,150	2,380
Outubro/2012	2,226	1,783	1,522	1,169	2,443

A Figura 43 mostra o comportamento do nitrogênio total no período da chuva nos pontos 1 a 5. No período chuvoso entre os pontos 1 e 2 observou-se uma ligeira

diminuição na concentração de nitrogênio total. No ponto 3, assim como os outros elementos da série do nitrogênio há uma concentração um pouco menor que no ponto 4 durante o período da chuva. O ponto 5, assim como no nitrito e no nitrogênio, amoniacal apresentou uma concentração média maior que os pontos da *wetland*.

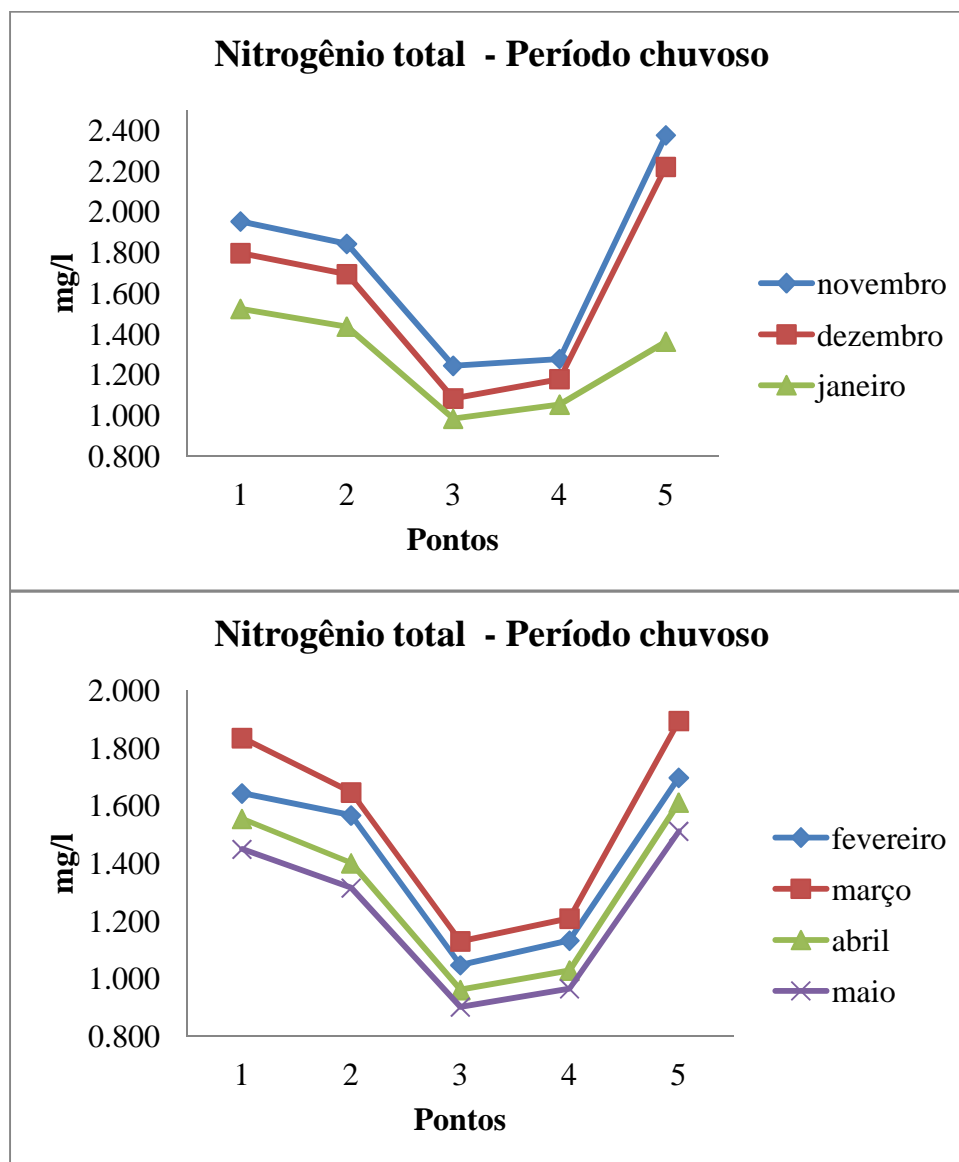


Figura 43 - Comportamento do nitrogênio total no período da chuva nos pontos 1 a 5.

A Figura 44 mostra o comportamento do nitrogênio total no período da seca nos pontos 1 a 5. O comportamento geral foi de decaimento da concentração ao longo dos

pontos *wetland* tendo o ponto 5 como discrepante novamente. Diferente do comportamento na chuva, o nitrogênio total no período da seca no ponto 3 teve concentração média maior em relação ao ponto 4.

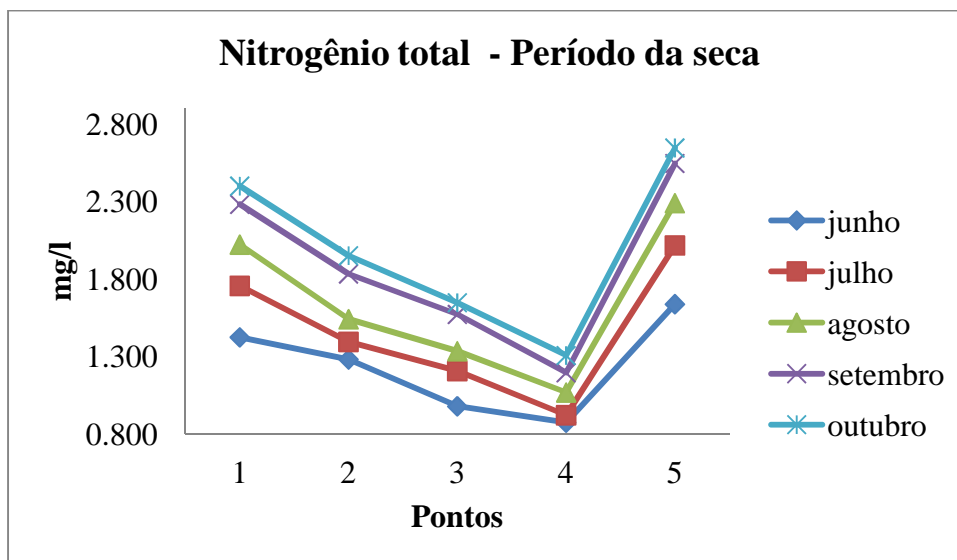


Figura 44 - Comportamento do nitrogênio total no período da seca nos pontos 1 a 5.

A Figura 45 mostra o comportamento do nitrogênio total ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos dentro da *wetland* seguiram uma mesma tendência apresentando uma queda no mês de janeiro voltado a subir no mês de fevereiro. No mês de janeiro o ponto 5 apresentou uma disparidade em relação ao comportamento de outros nutrientes. Houve uma queda de concentração média que ficou abaixo das concentrações dos pontos 1 e 2.

Foi constatado também o aumento de concentração do mês de fevereiro para março e um decaimento de março para abril. Estima-se que esse decaimento seguido de um aumento foi em função do regime hídrico visto no ano de 2012, segundo a Figura 29.

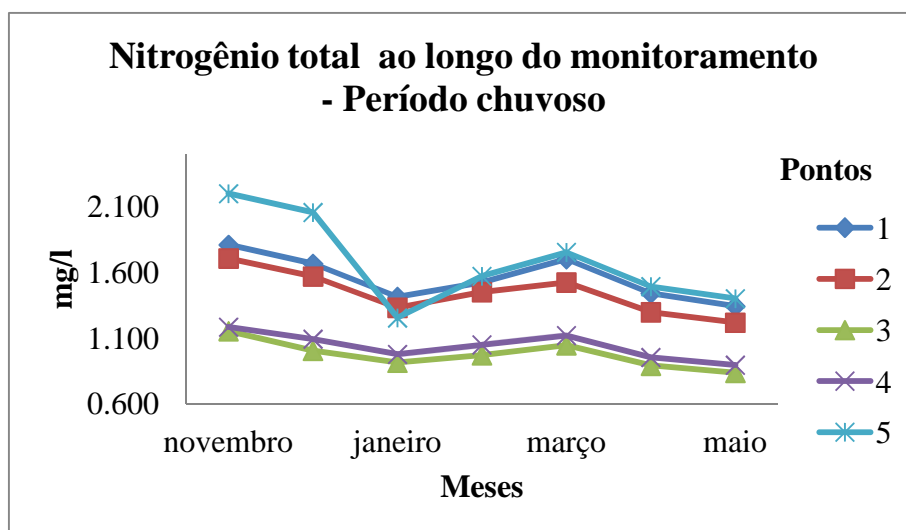


Figura 45 - Comportamento do Nitrogênio total de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

Observa-se que ao longo do período da seca, conforme a Figura 46, houve uma tendência de concentração de nutrientes nos pontos da *wetland*. Esse aumento da concentração ao longo do monitoramento pode ser devido à diminuição da lâmina de água e aumento na concentração dos nutrientes. O ponto 5 se comportou da mesma maneira que os demais pontos, porém esse aumento de concentração não pode ser relacionado à diminuição da lâmina de água devido à característica do ponto.

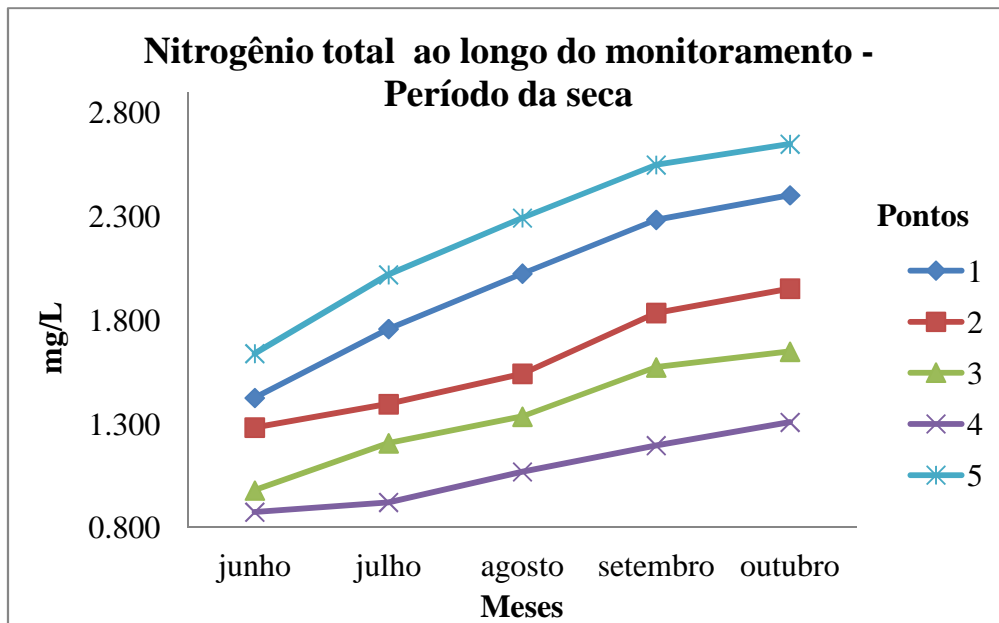


Figura 46 - Comportamento do Nitrogênio total de junho de 2012 a outubro de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.6 Comportamento geral da série do nitrogênio

Em suma, os nutrientes da série do nitrogênio se comportaram de maneira a diminuir do ponto 1 para o ponto 2. O ponto 3 no período da chuva apresentou concentração média menor que no ponto 4, isso devido ao ponto 3 ser uma lagoa e possuir um tempo de detenção hidráulica maior, fazendo com que tenha maior capacidade de retenção no período da chuva.

No período da seca a situação se inverte e no ponto 3 há uma concentração maior dos nutrientes do que no ponto 4. Esse fato se dá devido ao ponto 3 durante a seca ter uma diminuição do volume de água acarretando na concentração dos nutrientes.

O ponto 5 mostrou comportamentos dispare entre os nutrientes da série nitrogênio estudados. Durante o período da seca e da chuva o nitrogênio amoniacal, o nitrito e nitrogênio total permaneceram com concentrações médias altas enquanto o nitrogênio orgânico e o nitrato permaneceram concentrações médias baixas. Vale

ressaltar que uma concentração maior de nitrogênio amoniacal e nitrito pode ser advinda do emissário da Estação de Tratamento de Esgoto Sul da CAESB fazendo com que o ponto 5 tenha forte influência desse efluente. O fato de se encontrar baixas concentração de nitrato no ponto 5 pode ser explicado pela absorção preferencial desta forma nitrogenada por parte da comunidade fitoplanctônica. Comportamento do fósforo nos pontos e períodos

5.2.1.7 Fósforo total

A Tabela 10 traz as médias mensais dos resultados do parâmetro do fósforo total ao longo do monitoramento. Os resultados completos das triplicatas se encontram no Apêndice F.

Tabela 10 - Médias mensais do fósforo total (mg/l) nos pontos 1 a 5.

Mês / Ponto	1	2	3	4	5
Novembro/2011	0,075	0,069	0,049	0,050	0,066
Dezembro/2011	0,093	0,089	0,053	0,057	0,073
Janeiro/2012	0,077	0,072	0,050	0,053	0,082
Fevereiro/2012	0,072	0,064	0,042	0,046	0,067
Março/2012	0,058	0,050	0,038	0,040	0,060
Abril/2012	0,049	0,043	0,036	0,034	0,051
Mai/2012	0,046	0,040	0,034	0,032	0,048
Junho/2012	0,041	0,036	0,027	0,028	0,045
Julho/2012	0,045	0,039	0,030	0,031	0,046
Agosto/2012	0,049	0,046	0,029	0,035	0,043
Setembro/2012	0,058	0,053	0,043	0,040	0,051
Outubro/2012	0,074	0,057	0,039	0,049	0,064

A Figura 47 mostra o comportamento do fósforo total no período da chuva, No período chuvoso entre os pontos 1 e 2 observou-se uma diminuição na concentração média de fósforo total. No ponto 3 há uma concentração média um pouco menor que no ponto 4 nos cinco primeiros meses do monitoramento, porém nos meses de abril e maio há uma queda na concentração média do ponto 3 para o ponto 4.

O ponto 5 apresentou uma concentração média maior que os pontos 3 e 4 da *wetland*. Esse aumento pode ser devido à presença de sedimentos orgânicos depositados no fundo do lago ao longo do tempo e que devido a movimentação da massa de água foi revolvido e disponibilizado novamente na coluna de água.

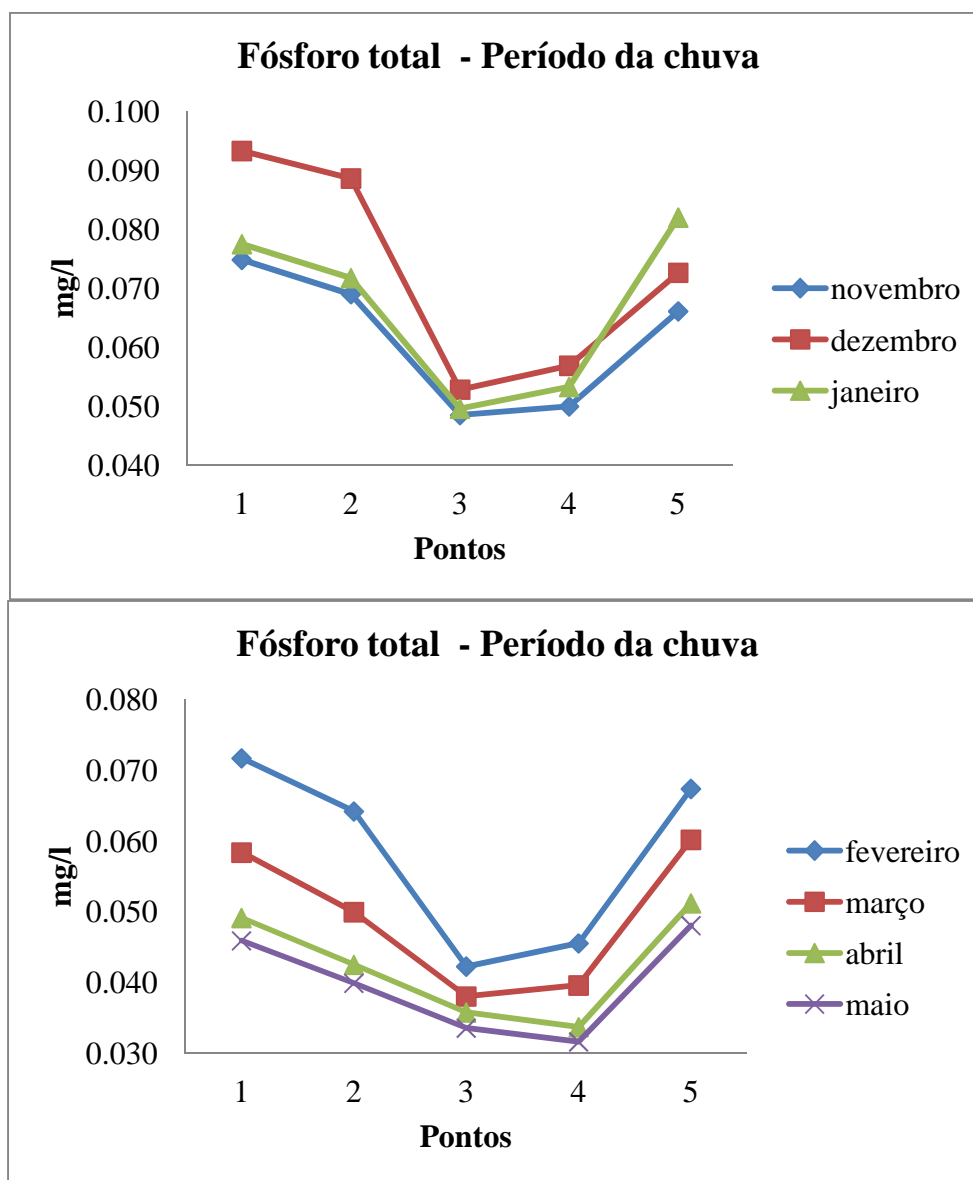


Figura 47 - Comportamento do fósforo total no período da chuva nos pontos 1 a 5.

A Figura 48 mostra o comportamento do fósforo total no período da seca nos pontos 1 a 5. No período da seca entre os pontos 1 e 2 observou-se uma diminuição na concentração média de fósforo total. No ponto 3 há uma concentração média menor que

no ponto 4 com uma tendência a estabilização nos meses de junho julho e agosto. O ponto 5 apresentou uma concentração média maior que os pontos 3 e 4 da *wetland*.

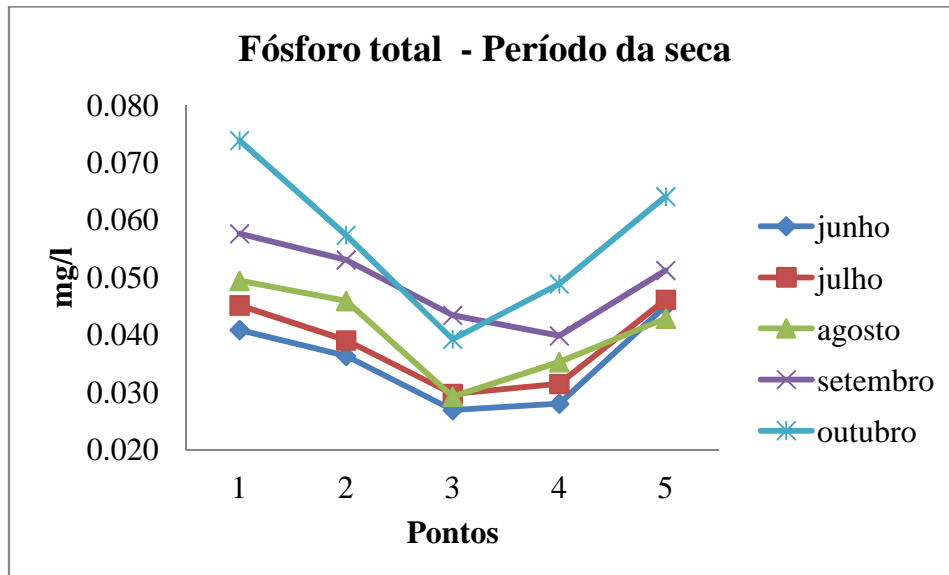


Figura 48 - Comportamento do fósforo total no período da seca nos pontos 1 a 5.

A Figura 49 mostra o comportamento do fósforo total ao longo dos meses de monitoramento no período chuvoso. Todos os pontos dentro da *wetland* seguiram uma tendência correlata entre os mesmos apresentando um pico no mês de dezembro voltado a cair no mês de janeiro. Entende-se que esse aumento no mês de novembro foi em função do regime hídrico apresentado para o ano de 2012 (Figura 29), na qual, com o aumento da vazão em função da chuva, aumentou-se a carga de nutrientes.

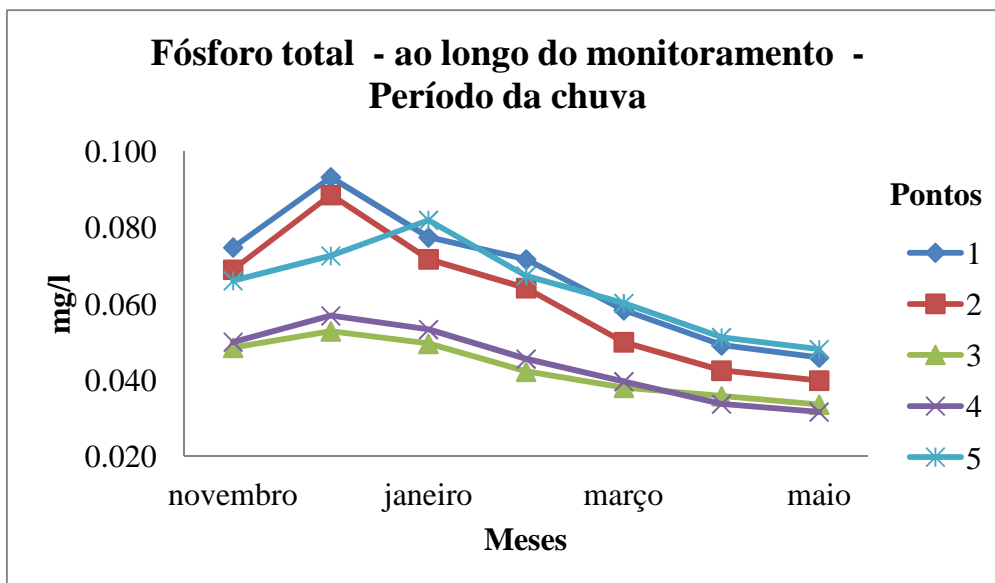


Figura 49 - Comportamento do fósforo total de novembro de 2011 a maio de 2012 nos pontos 1 a 5.

A Figura 50 mostra o comportamento do fósforo total ao longo dos meses de monitoramento no período da seca. Os pontos 1 e 2 seguiram uma tendência de concentração ao longo do tempo, enquanto os pontos 3 e 4 no mês de outubro apresentou uma queda. O ponto 5 apresentou uma queda no mês de agosto e posteriormente voltou a subir no mês de setembro.

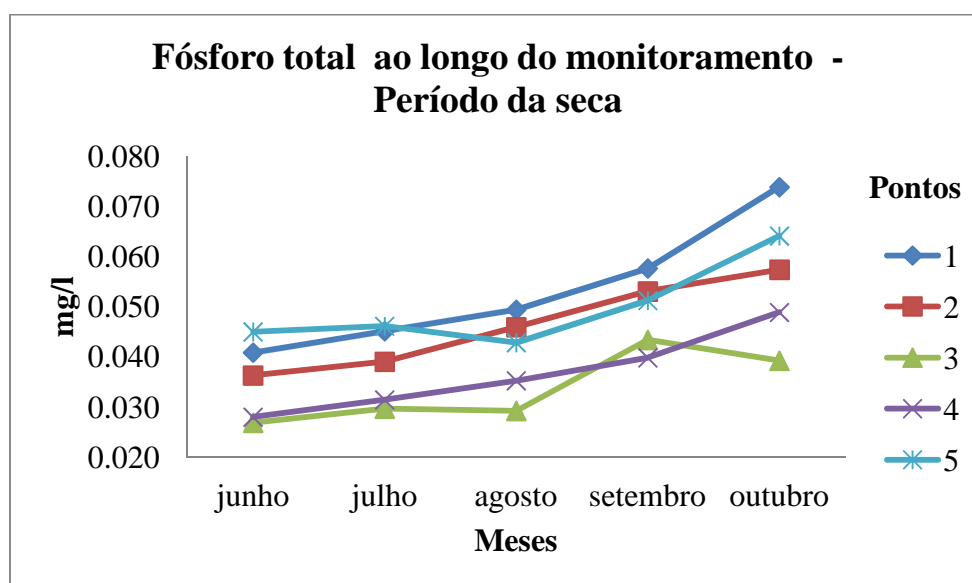


Figura 50 - Comportamento do fósforo total de junho de 2012 a outubro de 2012 nos pontos 1 a 5.

5.2.1.8 Comportamento geral da série do fósforo

De maneira geral, o fósforo total se comportou de maneira a diminuir do ponto 1 para o ponto 2 em ambas as estações monitoradas. O ponto 3 no período da chuva e da seca apresentou concentração média menor que o ponto 4, porém nos meses de abril e maio a situação se inverteu com o ponto 4 tendo uma concentração média menor que a do ponto 3. Essa inversão pode ser efeito da diminuição da chuva e diminuição da carga aportada.

O ponto 5 mostrou comportamentos parecidos entre os nutrientes da série do fósforo estudados. No mês de janeiro a concentração média do fósforo total teve um pico advindo do volume de chuva do mês fazendo com que a carga aportada aumentasse. Novamente o ponto mostra influência da Estação de Tratamento de Esgoto Sul da CAESB com as concentrações médias de fósforo total altas.

5.2.2 Resultados dos testes estatísticos

5.2.2.1 Testes das triplicadas

O teste de Kruskal-Wallis com nível de significância de 5% foi aplicado para comparar a triplicata das análises das amostras de cada ponto coletado. No período entre novembro do ano 2011 a outubro de 2012 foram realizadas vinte e cinco coletas com intervalos de quinze dias corridos entre as datas e as análises realizadas em triplicata. Portanto, por cada parâmetro analisado em triplicata foram realizadas setenta e cinco análises.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados dos testes para os parâmetros da série de nitrogênio e na Tabela 12 os resultados para o fósforo total juntamente com o Qui-Quadrado (χ^2) encontrado. Utilizando-se a tabela de distribuição do χ^2 para setenta

e quatro graus de liberdade com $\alpha = 0,05$, obtêm-se χ^2 tabelado de 51,7. Pode-se verificar nas tabelas 2 e 3 que nenhum valor de χ^2 calculado encontrado é superior ao tabelado, portanto, aceita-se a hipótese nula de que os dados analisados das amostras provêm de populações idênticas, concluindo, assim, a validade das triplicatas analisadas.

Tabela 11 - Resultados do H calculado da série Nitrogênio das triplicatas de cada ponto

Ponto	N- total	N-amoniacal	N-orgânico	Nitrato	Nitrito	X ² tabelado
Ponto 1	0.7875	0.6205	0.6763	0.8990	0.5403	
Ponto 2	0.9288	0.843	0.5093	0.9338	0.3326	
Ponto 3	0.9395	0.8131	0.5538	0.9425	0.3569	51,7
Ponto 4	0.8063	0.5719	0.7593	0.9425	0.2171	
Ponto 5	0.9202	0.924	0.7159	0.9158	0.3921	

Tabela 12 - Resultados do H calculado do Fósforo total das triplicatas de cada ponto

Ponto	Fósforo total	X ² tabelado
Ponto 1	0.7525	
Ponto 2	0.6028	
Ponto 3	0.5808	51,7
Ponto 4	0.5463	
Ponto 5	0.3489	

5.2.2.2 Comparação entre os pontos coletados

O teste de Wilcoxon-Mann-Whitney com nível de significância de 5% foi aplicado para comparar as populações de amostras entre cada ponto de coleta com o objetivo de verificar se os dados dos pontos pertencem a mesma população ou se diferem estatisticamente. Tal teste teve por objetivo mostrar se existe ou não diferença entre os pontos coletados dentro da área da *wetland*. Para o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney foi adotada para cada parâmetro uma população de setenta e cinco análises por ponto analisado.

5.2.2.2.1 Nitrogênio

A Tabela 13 apresenta os resultados do t calculado para a série do nitrogênio no período da chuva, bem como o t tabelado. Já a Tabela 14 apresenta os resultados para o período da seca. Utilizou-se a tabela de distribuição dos valores críticos do teste e com $\alpha = 0,05$ e $GL = \infty$, obtém-se o valor de t tabelado de 1,6449. Todos os valores encontrados em todos os parâmetros analisados na série do nitrogênio nas duas estações foram superiores que o do t tabelado, logo, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que os pontos são diferentes entre si, tanto no período seco como no chuvoso.

Tabela 13 - Comparação entre os pontos na série do Nitrogênio período de chuva

Pontos comparados	t calculado					t tabelado
	N- total	N- amoniacal	N- orgânico	Nitrato	Nitrito	
Ponto 1 → Ponto 2	8,23172	3,9184	3,5561	2,4154	3,4577	
Ponto 1 → Ponto 3	20,62608	7,8904	7,8904	7,8904	7,8904	
Ponto 1 → Ponto 4	20,62608	7,8904	7,8904	7,8904	7,8904	
Ponto 2 → Ponto 3	20,32207	7,7205	7,8904	7,8904	7,7697	
Ponto 2 → Ponto 4	20,60270	7,5773	7,8904	7,8904	7,6936	
Ponto 3 → Ponto 4	6,99229	2,8001	3,8871	2,5228	2,5586	1,6449
Ponto 1 → Ponto 5	2,38533	7,8904	7,8904	7,8904	5,9715	
Ponto 2 → Ponto 5	8,48897	7,8904	7,8904	7,8904	7,3268	
Ponto 3 → Ponto 5	61,78471	7,8904	7,8725	6,3606	7,8904	
Ponto 4 → Ponto 5	20,62608	7,8904	7,8904	7,2463	7,8904	

Tabela 14 - Comparação entre os pontos na série do Nitrogênio período de seca

Pontos comparados	t calculado					t tabelado
	N- total	N- amoniacal	N- orgânico	Nitrato	Nitrito	
Ponto 1 → Ponto 2	4,1744	3,8281	1,7249	4,5591	3,5396	
Ponto 1 → Ponto 3	2,8663	2,3405	6,5148	2,8663	5,0785	
Ponto 1 → Ponto 4	6,9537	6,9829	6,9829	6,9060	6,9829	
Ponto 2 → Ponto 3	5,4568	5,1747	6,3481	5,3093	6,4379	
Ponto 2 → Ponto 4	6,9289	6,9829	6,9829	6,9829	6,9829	1,6449
Ponto 3 → Ponto 4	4,8797	5,2516	5,0657	4,8284	4,8861	
Ponto 1 → Ponto 5	5,3670	6,9829	6,9829	6,9829	6,7521	
Ponto 2 → Ponto 5	2,5970	6,9829	6,9829	6,9829	6,0147	

Ponto 3 → Ponto 5	6,2904	6,9829	5,2260	4,7515	6,9829
Ponto 4 → Ponto 5	6,9829	6,9829	2,0192	1,7242	6,9829

O *input* de nitrogênio dentro da *wetland* do Riacho fundo pode vir de fontes difusas entre os pontos 1 e 4 devido a proximidade do bairro Vila Telebrasilândia e outras fontes naturais ou antrópicas não mensuradas, como casas com lançamentos clandestinos de esgotos ou de aditivos agrícolas.

As *wetlands* são boas retentoras de nitrogênio porque realizam amonificação ligada a nitrificação nas zonas aeróbicas e desnitrificação nas zonas anaeróbicas fazendo com que qualquer tipo de composto de nitrogênio orgânico ou inorgânico seja convertido em nitrogênio na forma de gás. Considerando que os pontos são diferentes entre si estatisticamente, é dito que os processos associados ao ciclo do nitrogênio ocorrem de acordo com o descrito na literatura.

Outro fator que mostra que o nitrogênio está sendo retido pela *wetland* é o crescimento e manutenção da flora aquática no local, pois o nitrogênio é um dos nutrientes essenciais ao crescimento da mesma.

5.2.2.2.2 *Fósforo total*

Diferente do que foram encontradas na série do nitrogênio, por meio do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, algumas das comparações entre os pontos de fósforo total para o período das chuvas (Tabela 15), apresentaram dos valores de t calculado abaixo do t tabelado e, portanto, aceitam a hipótese de nula, permitindo concluir que os pontos são estatisticamente semelhantes entre si. Isso ocorreu na comparação entre o ponto 3 e 4; 1 e 5; e, 2 e 5. As demais comparações entre os pontos no período chuvoso também

rejeitaram H0, ou seja, os pontos são diferentes entre si. No período seco (Tabela 16), todas as comparações rejeitaram a hipótese nula.

Tabela 15- Comparação entre os pontos nos parâmetros Fósforo total no período da chuva

Pontos comparados	t calculado Fósforo total	t tabelado
Ponto 1 → Ponto 2	2.0263	
Ponto 1 → Ponto 3	6.3651	
Ponto 1 → Ponto 4	5.8284	
Ponto 2 → Ponto 3	4.9069	
Ponto 2 → Ponto 4	4.9069	
Ponto 3 → Ponto 4	1.2122	1.6449
Ponto 1 → Ponto 5	0.7515	
Ponto 2 → Ponto 5	1.1093	
Ponto 3 → Ponto 5	6.8080	
Ponto 4 → Ponto 5	6.2444	

Tabela 16 - Comparação entre os pontos nos parâmetros Fósforo total no período da seca

Pontos comparados	t calculado Fósforo total	t tabelado
Ponto 1 → Ponto 2	3,3921	
Ponto 1 → Ponto 3	5,3157	
Ponto 1 → Ponto 4	4,6104	
Ponto 2 → Ponto 3	3,5973	
Ponto 2 → Ponto 4	3,4113	
Ponto 3 → Ponto 4	2,3148	1.6449
Ponto 1 → Ponto 5	3,3921	
Ponto 2 → Ponto 5	3,4049	
Ponto 3 → Ponto 5	5,9057	
Ponto 4 → Ponto 5	5,4632	

A primeira comparação em que ocorreu similaridade foi entre o ponto 3 e ponto 4 em ambos os parâmetros do fósforo total no período da chuva. A igualdade estatística dos pontos mostra que eles são similares em suas concentrações de fósforo total. Tal similaridade entre os pontos ocorre devido ao processo de retenção nutricional natural

da *wetland*, que no caso dos pontos supracitados já estaria no final do processo de retenção.

Outra comparação que apresentou similaridade estatística foi a entre os pontos 1 (final da bacia do Riacho Fundo) e 2 (*wetland*) com o ponto 5 (Lago Paranoá) no parâmetro fósforo total para o período da chuva. Tal similaridade pode ser explicada pelo fato dos pontos 1 e 2 receberem as cargas advindas da Bacia do Riacho Fundo que mesmo depois de filtradas pela *Wetland* passam a ser acrescidas logo antes do Ponto 5 pelas cargas advindas dos esgotos tratados pela ETE-Sul.

O ponto 3 por ser a saída de uma lagoa dentro da área estudada possui um tempo de detenção hidráulica maior e pelo solo da região ser Latossolo Vermelho e ser rico em óxido de ferro, o processo de fixação do fósforo junto ao Fe_2^+ e Fe_3^+ pode ter ocorrido com maior frequência do que outros processos envolvidos no ciclo, fazendo com que sua concentração diminuísse em relação aos outros pontos. Já no ponto 4, que seria o final da área e exutório da *wetland* no Lago Paranoá, ocorreu também o processo de fixação do fósforo junto ao Fe_2^+ e Fe_3^+ devido as mesmas características do solo e do ponto estar extramente assoreado fazendo com que o exista uma camada de solo anaeróbio onde ocorre o processo de fixação.

A concentração encontrada no Lago Paranoá (ponto 5) é devido a influência da ETE Sul. A estação possui o tipo de tratamento composto de remoção biológica de nutrientes e polimento final por lodos ativados no nível terciário sendo 95% do efluente tratado, porém esse 5% restante não tratado influenciou o ponto de coleta 5. Logo, pela análise estatística que mostrou que os pontos 1 e 2 são semelhantes ao ponto 5, no período chuvoso, pode-se afirmar que a carga de nutrientes advinda da bacia do Riacho

Fundo é equivalente à incorporada ao Lago Paranoá pela ETE Sul, após o tratamento de esgotos domésticos e industriais realizado.

5.3 Cálculo da eficiência de retenção

5.3.1 Comparação dos pontos 1 a 4

A Tabela 17 e a Tabela 18 mostram as médias mensais da concentração de nitrogênio total e fósforo total, respectivamente, e seus percentuais de eficiência de remoção dos respectivos no período do monitoramento entre os pontos 1 e 4.

Percebe-se que há uma média geral de eficiência de remoção de 38,23% para o nitrogênio total e 32,74% de remoção para o fósforo total durante todo o período de coletas e análise. O desvio padrão da eficiência de remoção do nitrogênio foi de 3,83% e do fósforo de 1,89%. No período da chuva a retenção média do ponto 4 foi de 33,17% de nitrogênio total e de 33,51% para o fósforo total. No período da seca a retenção média foi de 45,31% de nitrogênio total e de 31,03% de fósforo total.

Tabela 17 - Eficiência de remoção (%) de nitrogênio total (mg/l) nos pontos 1 a 4

Meses	Ponto 1	Ponto 4	Ef (%)
Novembro/2011	1,954	1,278	34,56
Dezembro/2011	1,798	1,179	34,41
Janeiro/2012	1,525	1,054	30,86
Fevereiro/2012	1,643	1,132	31,07
Março/2012	1,835	1,209	34,11
Abril/2012	1,554	1,029	33,80
Mai/2012	1,449	0,966	33,36
Junho/2012	1,425	0,875	38,62
Julho/2012	1,758	0,922	47,56
Agosto/2012	2,024	1,069	47,19

Setembro/2012	2,284	1,196	47,63
Outubro/2012	2,402	1,308	45,56

Tabela 18 - Eficiência de remoção (%) de fósforo total (mg/l) nos pontos 1 a 4

Meses	Ponto 1	Ponto 4	Ef %
Novembro/2011	0,0748	0,0500	33,20
Dezembro/2011	0,0933	0,0569	39,00
Janeiro/2012	0,0690	0,0533	31,25
Fevereiro/2012	0,0772	0,0456	36,46
Março/2012	0,0584	0,0396	32,14
Abril/2012	0,0492	0,0337	31,40
Mai/2012	0,0459	0,0316	31,09
Junho/2012	0,0434	0,0280	31,46
Julho/2012	0,0428	0,0314	30,30
Agosto/2012	0,0425	0,0352	28,65
Setembro/2012	0,0762	0,0398	30,89
Outubro/2012	0,0643	0,0488	33,84

5.3.2 Comparação dos pontos 1 e 3

A Tabela 19 e a Tabela 20 mostram as médias mensais da concentração de nitrogênio total e fósforo total, respectivamente, e seus percentuais de eficiência de remoção dos respectivos no período do monitoramento entre os pontos 1 e 3.

Verifica-se que há uma média geral de eficiência de remoção de 35,09% para o nitrogênio total e 35,43% de remoção para o fósforo total durante todo o período de coletas e análise. O desvio padrão da eficiência de remoção do nitrogênio foi de 3,17% e do fósforo de 6,48%. No período da chuva a retenção média do ponto 3 foi de 37,41% de nitrogênio total e de 34,92% para o fósforo total. No período da seca a retenção média foi de 31,83% de nitrogênio total e de 36,15% de fósforo total.

Tabela 19 - Eficiência de remoção (%) de nitrogênio total (mg/l) nos pontos 1 a 3.

Meses	Ponto 1	Ponto 3	Ef %
Novembro/2011	1,954	1,245	36,27
Dezembro/2011	1,798	1,084	39,71
Janeiro/2012	1,525	0,985	35,37
Fevereiro/2012	1,643	1,047	36,26

Março/2012	1,835	1,130	38,42
Abril/2012	1,554	0,962	38,14
Maió/2012	1,449	0,902	37,73
Junho/2012	1,425	0,979	31,30
Julho/2012	1,758	1,207	31,32
Agosto/2012	2,024	1,335	34,03
Setembro/2012	2,284	1,573	31,13
Outubro/2012	2,402	1,649	31,37

Tabela 20 - Eficiência de remoção (%) de fósforo total (mg/l) nos pontos 1 a 3.

Meses	Ponto 1	Ponto 3	Ef %
Novembro/2011	0,075	0,049	35,17
Dezembro/2011	0,093	0,053	43,36
Janeiro/2012	0,077	0,050	36,02
Fevereiro/2012	0,072	0,042	41,03
Março/2012	0,058	0,038	34,82
Abril/2012	0,049	0,036	27,18
Maió/2012	0,046	0,034	26,86
Junho/2012	0,041	0,027	34,19
Julho/2012	0,045	0,030	34,18
Agosto/2012	0,049	0,029	40,82
Setembro/2012	0,058	0,043	24,68
Outubro/2012	0,074	0,039	46,86

5.3.3 Discussão da eficiência de retenção

Devido a diferença hidrológica das duas saídas, o ponto 4 ser um ambiente lótico e o ponto 3 um ambiente lântico, as duas se comportaram de maneiras diferentes durante as estações. O ponto 4 possui uma retenção percentual média maior de nitrogênio total no período da seca do que o ponto 3. Isso ocorre devido o ponto estar altamente assoreado fazendo com que o nitrogênio da coluna de água penetre no solo aeróbio. Com essa penetração as reações do ciclo do nitrogênio que ocorrem no solo aeróbico - como a amonificação, nitrificação e difusão - transforme, assimile e retenha mais nitrogênio do que no ponto 3.

No período da chuva há uma maior retenção de nitrogênio total no ponto 3 do que no ponto 4. Essa diferença se dá devido a um maior aporte de nutrientes na lagoa fazendo com que as plantas existentes possam utilizar o nitrogênio sob as diversas formas retendo ele nas raízes ou no solo.

O fósforo no período da seca tem sua maior retenção no ponto 3. O ambiente lântico do ponto 3 auxilia na retenção do fósforo com o tempo de detenção hidráulica há a sedimentação do fósforo. Em um solo anaeróbico da *wetland* o fósforo como macro nutriente é imobilizado nas raízes das plantas que por decomposição passa a fósforo orgânico, que por sua vez passa a ortofosfato e finalmente tendo no solo Fe_2^+ e Fe_3^+ ele é mineralizado e fixado.

Os resultados mostram que, apesar das variações sazonais na saída *wetland*, o ponto 4 apresentou uma taxa de retenção média durante o monitoramento de 38,23% de nitrogênio total e de 32,74% de fósforo, A saída da lagoa (ponto 3) mostrou uma taxa de retenção média durante o monitoramento de 35,09% de nitrogênio total e de 35,43% de fósforo total.

Barten (1987) cita o caso do lago Clear, um corpo hídrico de 257 ha localizado no centro-sul de Minnesota, muito utilizado para recreação. Este lago se tornou eutrófico devido à entrada de água de escoamento superficial rica em nutrientes a partir da cidade adjacente de Waseca. Em 1981, 50% da carga hidráulica e 55% da carga de fósforo para o lago foi desviada para uma área úmida de 21 ha. O sistema de *wetland* reduziu a carga anual de fósforo em 34%. Em 1986, a construção foi concluída em um segundo sistema de pântano para a filtração do escoamento urbano e agrícola, levando a redução de 20% da carga de fósforo. A concentração total de fósforo no lago foi reduzida em 31% em termos globais.

Estudos conduzidos por García-García *et al.* (2009) relatam a eficiência de retenção de nitrogênio em áreas úmidas naturais do Mediterrâneo que são afetadas pelo escoamento agrícola com a retenção de N-nitrato chegando a valores elevados como 72,3%. Souza (2004) constatou uma eficiência da remoção de nutrientes satisfatória de 60% de nitrogênio e 80% de fósforo de uma *wetland* construída para tratamento de efluentes.

O estudo de Mule e Nguta (2010) teve como principal objetivo de determinar a eficácia de retenção da *wetland* de Kimondi, no Quênia em termos de nitrogênio e fósforo. Os resultados do estudo mostram que a área úmida tem a eficiência de retenção de 90% e 95% de nitrogênio durante as estações chuvosa e seca, respectivamente, e a média de eficiência de retenção de fósforo de 80% e 93% durante as estações chuvosa e seca, respectivamente, uma indicação de que a *wetland* tem alta eficiência de retenção e sua capacidade de armazenamento não foi excedida em ambas as estações.

A eficiência de retenção de cada *wetland* pode variar em função de sua forma, fauna e flora que fazem parte do sistema e da dinâmica hidráulica da região, sendo elas naturais ou construídas. Os percentuais também podem variar em função da sazonalidade das estações da seca e chuva devido as cargas envolvidas e sua concentrações. Contudo, com um percentual médio geral de retenção de 36,66% do nitrogênio e 33,95% em média o fósforo total proveniente do tributário Riacho Fundo, a *wetland* objeto do presente estudo, desenvolve um importante papel no controle desta que é uma das principais fontes de eutrofização do Lago Paranoá. Conclusão e Recomendações

6 Conclusão e Recomendações

O nitrogênio e o fósforo como macronutrientes e fatores limitantes para o desenvolvimento de plantas foram incorporados no solo, raízes, plantas e microrganismos pelos processos supracitados em seus ciclos sendo deixados de aportar diretamente no Lago Paranoá. Essa incorporação de nutrientes juntamente com a preservação da fauna e da flora do Lago Paranoá são consideradas serviços ecológicos prestados pela *wetland* do Riacho Fundo ao Lago Paranoá.

Sendo o Brasil um país signatário da convenção de Ramsar, que deve promover a conservação e o uso racional de zonas úmidas no mundo, faz-se necessário o correto manejo de áreas úmidas como a da *wetland* do Riacho Fundo com vistas a preservar tanto a *wetland* quanto o Lago Paranoá.

A análise estatística dos dados dos parâmetros da série de nitrogênio total e fósforo total permite concluir que a *wetland* do Riacho Fundo está realizando um processo de assimilação dos mesmos de maneira a reter em média geral 36,66% do nitrogênio e 33,95% em média o fósforo total. Em caso da não existência da *wetland* o nitrogênio total e o fósforo total advindos da bacia do Riacho Fundo aportariam no Lago Paranoá podendo causar o excesso da concentração de nutrientes no lago, processo conhecido como eutrofização.

Com a análise das imagens foi possível perceber uma diminuição de área de água e avanço de área verde em direção ao Lago Paranoá. Tendo disponibilidade de nutrientes e substrato, a *wetland* se desenvolveu e avançou fazendo com que, em trinta e dois anos, a área de superfície do lago perdida estimada foi de 0,5273 km² ou 84,07% da área inicial.

Apesar de ter pedido a área de água o Lago Paranoá ganhou um filtro natural que retém nutrientes que poderiam estar sendo aportados no lago podendo assim causar a eutrofização da área. Sabendo que em um futuro próximo o Lago Paranoá será utilizado como tomada de água para abastecimento público e faz-se necessária a preservação da qualidade de sua água e das áreas que auxiliam neste processo. Sendo assim a *wetland* está prestando um serviço ecológico de tratamento de água e de preservação da vida aquática e terrestre do lago e deve ser considerada sua importância no manejo do lago Paranoá.

Devido à complexidade da área recomenda-se novos estudos da área da *wetland* do Riacho Fundo abordando outros tipos de imagens com diferentes resoluções e contemplando no monitoramento as demais lagoas e áreas alagadas que não foram monitoradas. Devem-se investigar também possíveis fontes de *inputs* de nutrientes que possam vir aportar na *wetland* com o objetivo de aumentar a acurácia do monitoramento.

Referências Bibliográficas

ADAM, E.; MUTANGA, O.; RUGEGE, D. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of *wetland* vegetation: a review. **Wetlands Ecology and Management**, v. 18, n. 3, p. 281-296, 2009. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11273-009-9169-z>>. Acesso em: 11/2/2013.

ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/mapas/solos.pdf>>. Acesso em: dezembro 2012.

ADHIKARI, S.; BAJRACHARAYA, R. M.; SITAULA, B. K. A review of carbon dynamics and sequestration in *wetlands*. **Journal of Wetlands Ecology**, v.2, 2009. 42-46.

BARTEN, J. M.; Stormwater Runoff Treatment in a Wetland Filter: Effects on the water quality of Clar Lake. **Lake and Reservoir Management**, v3. 1987. 297-305.

BENSUSAN, N. **Seria melhor ladrilhar? Biodiversidade - como, para que, por que**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008. 428 p.

BORN, R. **Payment for environmental services: Brazil**. Fundação FORD e Fundação PRISMA. [S.l.]. 2002.

CAESB. Estações de Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/index.php/esgoto/conheca-as-unidades.html>>. Acesso em: dezembro 2012.

CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de et al . Análise de dados hiperespectrais em mina de manganês laterítico, São João da Aliança (GO). **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 25, n. 2, June 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2007000200008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 21 dez. 2012.

CEDFELDT, P. T.; WATZIN, M. C.; RICHARDSON, B. D. Using GIS to identify functionally significant *wetlands* in the northeastern United States. **Environmental Management**, 26, 2000. 13-24.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. J. M. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, 41, 2002. 393-408.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª edição. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rio de Janeiro, 2009. 367 p.

EPA, E. P. A. *Wetlands functions and values*. **Environmental Protection Agency**, 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/watertrain/wetlands/>>. Acesso em: 11 setembro 2012.

ESTEVES, F. A. Considerations on the ecology of *wetlands*, with emphasis on Brazilian floodplain ecosystems. **Oecologia Brasiliensis**, 4, 1998. 111-135.

FREUND, J. E. **Estatística Aplicada. Economia, Administração e Contabilidade**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2000. 404 p.

GARCÍA-GARCÍA, V., GÓMEZ, R., VIDAL-ABARCA, M. R., AND SUÁREZ, M. L.: Nitrogen retention in natural Mediterranean wetland-streams affected by agricultural runoff, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v13, 2359-2371, 2009.

GATHUMBI, S. M.; BOHLEN, P. J. Nutrient enrichment of *wetland* vegetation and sediments in subtropical pastures. **Soil Science Society of America Journal**, 69, 2005. 536-548.

HAMMER, D. A. **Constructed *wetlands* for wastewater treatment: municipal, industrial and agricultura**. Chelsea: Lewis, 350p. 1989.

HERMANN, A., SCHLEIFER, S., WRBKA, T. (2011) "The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review." *Living Rev. Landscape Res.* 5. Disponível em: <<http://www.livingreviews.org/lrlr-2011-1>>

INMET. Parâmetros Meteorológicos. 2012. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php>. Acesso em: setembro 2012.

IUCN, T. W. C. U. **Establishing payments for watershed services**. Gland: IUCN, 2006. 109 p.

IWA, I. W. A. **Constructed *Wetlands* for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation**. London, p. 156. 2000.

JARDIM, M. H **Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema-MG**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2010,195p.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment *Wetlands***. Boca Raton: Lewis Publishing, 1996.

KIVAIISI, A. K. The potential for constructed *wetlands* for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. **Ecological Engineering**, 16, 2001. 545-560.

LA PEYRE, M. K.; REAMS, M. A.; MENDELSSOHN, I. A. "Linking actions to outcomes in *wetland* management: an overview of U.S. state *wetland* management." **Wetlands**, 2001. 66-74.

MAGALHÃES, P. C. **Estudo de Zoneamento Ambiental da APA de Cafuringa**. Brasília. 1998.

MARTINI, P. R. Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites. **Anais do I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, EMBRAPA/INPE**, Campo Grande, 2006. 872-886.

MAY, E.; BUTLER, J. E.; FORD, M. G.; ASHWORTH, R. W.; WILLIAMS, J. B.; & BAHGAT, M. M. M. Chemical and microbiological processes in gravel-bed hydroponic systems for sewage treatment. In 'Constructed *Wetlands* in Water Pollution Control'. **Pergamon Press**, Ed. Cooper P.F. & Findlater D.C.). Pergamon Press. 1990. 539-542.

MELACK J. M; HESS L.L. Remote sensing of *wetlands* on a global scale. *SIL News*, 1-5. 2004.

MITSCH, W. J., GOSSELINK, J. G. (1993). *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, 722p.

MMA, M. D. M. A. **Relatório Nacional sobre a Implementação da Convenção de Ramsar sobre Áreas Úmidas**. Ministério do Meio Ambiente. [S.l.], p. 38. 2011.

MMA, M. D. M. A., **Convenção de Ramsar**. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/comfsfglossary/zonas-umidas-convencao-de-ramsar>>. Acesso em: setembro 2012.

MMA, M. D. M. A. **Zonas Úmidas**. Ministério do meio ambiente, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/assuntos-internacionais/temas-multilaterais/item/896>>. Acesso em: 12 janeiro 2013.

MULE, SHADRACK. M. AND CHARLES. M. NGUTA. "Determination of Retention Efficiency of Kimondi Wetland in North Nandi District in Kenya." **Handbook of Research on Hydroinformatics: Technologies, Theories and Applications**. IGI Global, 2010. 419-430.

OZESMI, S. L.; BAUER, M. E. Satellite remote sensing of *wetlands*. *Wetlands Ecology and Management*, 10, 2002. 381-402.

PEDRALLI, G.; TEIXEIRA, M. C. B. Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes. **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**, São Carlos, 2003. 177-194.

PEREIRA, C. E. B. **A capacidade de suporte do Lago Paranoá avaliada pela dinâmica do fósforo, frente à ocupação de sua bacia de drenagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Brasília, 2004. 150 p

RAMSAR, C. The Convention on *Wetlands* text as originally adopted in 1971. **Ramsar Convention**. 2012. Disponível em: <http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts-convention-on-20708/main/ramsar/1-31-38%5E20708_4000_0__>. Acesso em: 24 Dezembro 2012.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT (2007). *River basin management: Integrating wetland conservation and wise use into river basin management*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 7. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

REDDY, K. R., D' ANGELO., Soil processes regulating water quality in wetland, pp.. In: W. J. Mitsch (Ed.) *Global wetland. old world and new*. *Elsevier Sci. B. V.*, Amsterdam, The Netherlands. 1994. 309-324

REDDY, K. R.; PATRICK, W. H. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *CRC. Critical Reviews in Environmental Control*, 13, n. 4, 1984. 273-309.

RICHARDSON, C. J.; MARSHALL, P. E. Processes controlling movement, storage, and export of phosphorus in a fen peatland. *Ecology Monographic*, 56, 1986. 279-302.
RICHARDSON, C. J. *Wetlands*. In: *WATER Resources Handbook*. McGraw-Hill, 1996.p. 13.1 – 13.39.

SANTOS A.R.A., LEITE B.R.A., BAPTISTA G.M.MELLO., ROIG H.L.. **Avaliação da Importância Ambiental da Wetland do Riacho Fundo, DF, por meio dos Dados dos Sensores Aerotransportados MSS e OIS.** , p. 5607, 2011. Simp Brás. Sensoriamento Remoto.

SCHUYT, K.; BRANDER, L. **Living Waters. Conserving the source of life. The Economic Values of the Worlds Wetlands**. Amsterdam: WWF-International, Gland, Switzerland/ Institute for Environmental Studies Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 2004. 32 p.

SERAFINI, L. Z. Proteção jurídica das áreas úmidas e os direitos socioambientais.. **Dissertação**, Curitiba, 2007. 164.

SOUSA, J. T. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, Dec. 2004 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522004000400004&lng=en&nrm=iso>. acessado em 19 Abr. 2013.

SOUZA, M. L. **ABC do Desenvolvimento urbano**. 2ª Edição. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 192 p.

STEINKE, V. A.; SAITO, C. H. Exportação de Carga Poluidora para Identificação de Áreas Úmidas sob Risco Ambiental na Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.20, n.2, p. 43-67, dez. 2008.

STRAGLIOTTO, C. **Estudo da dinâmica da saturação do solo e suas consequências no processo de escoamento superficial na Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, 2010. 103p.

TERRACAP, C. I. D. B. Novo mapeamento 1:10.000 do DF. 2010. Disponível em: <<http://www.terracap.df.gov.br/internet/index.php?scid=344>>. Acesso em: Dezembro 2011.

TERRACAP, C. I. D. B. Mapa da Análise Multitemporal do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Sub-bacia do Riacho Fundo - DF. 2008. Disponível em: <<http://www.terracap.df.gov.br/internet/arquivos/0082208039.pdf>>. Acesso em: Dezembro 2012.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotrópica**, Campinas, 10, n. 4, dezembro 2010.

TUNDISI, J. G. **Ecohydrology applied to urban wetlands management**. Trabalho apresentado em 8th INTECOL Wetland Conference, Cuiabá, 2008.

VALKO, A. G. *The Biology of Freshwater Wetlands: Biology of Habitats.*, Oxford: 2006. 173p.

VEIGA NETO, F. C. **A Construção dos Mercados de Serviços Ambientais e suas Implicações para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2008. 286p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) - CPDA, ICHS, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

VEPRASKAS, M. J.; FAULKNER, S. P. Redox Chemistry of hydric soils. **Wetland soils**, Boca Raton, 2001. 85 - 105.

WELSCH, D., J.; SMART, D., L.; BOYER, J., N.; MINKIN, P.; SMITH, H., C. **Forested Wetlands Functions, Benefits and the use of best management practices**. Radnor: [s.n.], 1995. 63 p.

ZAK, D. R.; GRIGAL, D. F. Nitrogen mineralization, nitrification and denitrification in upland and *wetland* ecosystems. **Oecologia**, v.88, 1991. 189-196.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5ª edição. ed. New Jersey: Prentice, 2010. 978 p.

ZEDLER, J. B. *Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale*. **Frontiers in the Ecology and the Environment**, v.2, 2003. 65-72.

Apêndices

Apêndice A - Resultados Nitrogênio Orgânico

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	0,0217	0,021	0,0214	0,0208	0,0201	0,0205	0,0136	0,0132	0,0134	0,0148	0,0143	0,0146	0,0091	0,0089	0,009
26/11/2011	0,0236	0,0228	0,0232	0,0226	0,0218	0,0222	0,015	0,0145	0,0148	0,0147	0,0142	0,0144	0,0099	0,0096	0,0098
10/12/2011	0,0232	0,0224	0,0228	0,0222	0,0214	0,0218	0,0146	0,0141	0,0143	0,0158	0,0152	0,0155	0,0098	0,0094	0,0096
20/12/2011	0,0228	0,022	0,0224	0,0218	0,021	0,0214	0,0141	0,0136	0,0139	0,0155	0,015	0,0152	0,0096	0,0093	0,0094
14/01/2012	0,0223	0,0216	0,022	0,0214	0,0207	0,021	0,0144	0,0139	0,0141	0,0152	0,0147	0,0149	0,0094	0,0091	0,0093
28/01/2012	0,0219	0,0212	0,0216	0,021	0,0203	0,0207	0,0138	0,0133	0,0136	0,0149	0,0144	0,0147	0,0093	0,0089	0,0091
11/02/2012	0,022	0,0213	0,0217	0,0236	0,0228	0,0232	0,015	0,0145	0,0148	0,0165	0,0159	0,0162	0,0108	0,0104	0,0106
25/02/2012	0,0258	0,0249	0,0253	0,0242	0,0233	0,0237	0,0159	0,0154	0,0156	0,017	0,0164	0,0167	0,0115	0,0111	0,0113
10/03/2012	0,0286	0,0276	0,0281	0,0261	0,0252	0,0256	0,0173	0,0167	0,017	0,0185	0,0179	0,0182	0,0129	0,0125	0,0127
24/03/2012	0,0265	0,0255	0,026	0,0241	0,0233	0,0237	0,016	0,0155	0,0158	0,0172	0,0166	0,0169	0,012	0,0116	0,0118
07/04/2012	0,0238	0,023	0,0234	0,0217	0,021	0,0213	0,0144	0,0139	0,0142	0,0154	0,0149	0,0152	0,0108	0,0104	0,0106
21/04/2012	0,0231	0,0223	0,0227	0,021	0,0203	0,0207	0,014	0,0135	0,0137	0,015	0,0144	0,0147	0,0104	0,0101	0,0103
05/05/2012	0,0223	0,0216	0,0219	0,0204	0,0197	0,02	0,0135	0,0131	0,0133	0,0145	0,014	0,0142	0,0101	0,0098	0,0099
19/05/2012	0,0212	0,0209	0,0213	0,0197	0,0191	0,0194	0,0131	0,0127	0,0129	0,014	0,0136	0,0138	0,0098	0,0095	0,0096
02/06/2012	0,0208	0,0217	0,0221	0,0211	0,0204	0,0207	0,014	0,0135	0,0138	0,0097	0,0102	0,0104	0,0087	0,0083	0,0087
16/06/2012	0,0211	0,022	0,0224	0,0208	0,0201	0,0204	0,0138	0,0133	0,0136	0,0101	0,0105	0,0107	0,0087	0,0085	0,0083
30/06/2012	0,0217	0,0209	0,0213	0,0234	0,0226	0,023	0,0155	0,015	0,0153	0,0098	0,0095	0,0096	0,0086	0,0083	0,0083
14/07/2012	0,0244	0,0235	0,024	0,0257	0,0248	0,0253	0,0171	0,0165	0,0168	0,0117	0,0113	0,0115	0,0081	0,0081	0,0083
28/07/2012	0,0307	0,0296	0,0301	0,0279	0,027	0,0275	0,0186	0,0179	0,0183	0,0131	0,0127	0,0129	0,0095	0,0093	0,0093
11/08/2012	0,0321	0,031	0,0316	0,0293	0,0283	0,0288	0,0195	0,0188	0,0191	0,0151	0,0145	0,0148	0,0103	0,0102	0,0101
25/08/2012	0,031	0,0299	0,0304	0,0282	0,0273	0,0278	0,0188	0,0181	0,0185	0,0145	0,014	0,0143	0,0114	0,0113	0,0112
08/09/2012	0,0328	0,0317	0,0322	0,0299	0,0289	0,0294	0,0199	0,0192	0,0195	0,0148	0,0143	0,0146	0,0105	0,0102	0,0106
22/09/2012	0,0361	0,0348	0,0354	0,0329	0,0317	0,0323	0,0218	0,0211	0,0215	0,0169	0,0163	0,0166	0,0095	0,0095	0,0095
06/10/2012	0,0353	0,034	0,0347	0,0321	0,0311	0,0316	0,0214	0,0206	0,021	0,0159	0,0154	0,0157	0,0093	0,0091	0,0094
20/10/2012	0,0389	0,0376	0,0383	0,0335	0,0324	0,0329	0,0223	0,0215	0,0219	0,0183	0,0176	0,0179	0,0089	0,0087	0,0090

Apêndice B - Resultados Nitrogênio amoniacal

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	0,6150	0,6160	0,6190	0,5641	0,5650	0,5677	0,3920	0,3926	0,3945	0,4244	0,4250	0,4271	1,5820	1,5900	1,5600
26/11/2011	0,6700	0,6620	0,6740	0,6145	0,6072	0,6182	0,4329	0,4278	0,4355	0,4224	0,4174	0,4249	1,5100	1,5400	1,5100
10/12/2011	0,6164	0,6090	0,6201	0,5654	0,5586	0,5687	0,3481	0,3439	0,3501	0,3760	0,3715	0,3782	1,4240	1,4800	1,4400
20/12/2011	0,5671	0,5603	0,5705	0,5201	0,5139	0,5232	0,3156	0,3118	0,3175	0,3459	0,3418	0,3480	1,4370	1,4970	1,4100
14/01/2012	0,5217	0,5155	0,5248	0,4785	0,4728	0,4814	0,3501	0,3459	0,3522	0,3704	0,3660	0,3726	0,8220	0,8310	0,8250
28/01/2012	0,4800	0,4743	0,4828	0,4402	0,4350	0,4429	0,3148	0,3110	0,3167	0,3408	0,3367	0,3428	0,8990	0,9050	0,9010
11/02/2012	0,5153	0,5092	0,5184	0,4946	0,4887	0,4976	0,3428	0,3387	0,3449	0,3757	0,3712	0,3780	1,0509	1,0579	1,0533
25/02/2012	0,5640	0,5572	0,5673	0,5062	0,5002	0,5093	0,3634	0,3590	0,3655	0,3880	0,3833	0,3903	1,1197	1,1271	1,1222
10/03/2012	0,6257	0,6183	0,6295	0,5462	0,5397	0,5495	0,3957	0,3910	0,3980	0,4234	0,4184	0,4260	1,2580	1,2664	1,2608
24/03/2012	0,5791	0,5722	0,5825	0,5055	0,4994	0,5085	0,3662	0,3618	0,3683	0,3918	0,3872	0,3942	1,1642	1,1719	1,1667
07/04/2012	0,5209	0,5146	0,5240	0,4547	0,4492	0,4574	0,3294	0,3254	0,3313	0,3525	0,3483	0,3546	1,0472	1,0542	1,0495
21/04/2012	0,5046	0,4986	0,5076	0,4404	0,4352	0,4431	0,3191	0,3153	0,3210	0,3414	0,3374	0,3435	1,0144	1,0212	1,0167
05/05/2012	0,4817	0,4759	0,4845	0,4267	0,4216	0,4292	0,3091	0,3054	0,3109	0,3308	0,3268	0,3327	0,9827	0,9892	0,9849
19/05/2012	0,4587	0,4610	0,4694	0,4133	0,4084	0,4158	0,2994	0,2958	0,3012	0,3204	0,3166	0,3223	0,9519	0,9583	0,9540
02/06/2012	0,4418	0,4365	0,4445	0,4202	0,4208	0,0421	0,3201	0,3162	0,3220	0,3072	0,3035	0,3090	1,0176	1,0244	1,0199
16/06/2012	0,4355	0,4303	0,4381	0,4255	0,4259	0,4251	0,3155	0,3117	0,3174	0,3060	0,3024	0,3079	1,0031	1,0098	1,0053
30/06/2012	0,4900	0,4841	0,4929	0,4299	0,4295	0,4292	0,3549	0,3507	0,3571	0,3049	0,3012	0,3067	1,1285	1,1360	1,1310
14/07/2012	0,5383	0,5319	0,5415	0,4348	0,4370	0,4449	0,3900	0,3853	0,3923	0,3037	0,3001	0,3055	1,2399	1,2481	1,2426
28/07/2012	0,5854	0,5784	0,5889	0,4332	0,4353	0,4432	0,4241	0,4190	0,4266	0,3026	0,2989	0,3044	1,3482	1,3572	1,3512
11/08/2012	0,6133	0,6060	0,6170	0,4988	0,4978	0,4985	0,4443	0,4390	0,4469	0,3288	0,3285	0,3279	1,4125	1,4220	1,4157
25/08/2012	0,6534	0,6456	0,6573	0,5125	0,5118	0,5114	0,4733	0,4677	0,4762	0,3304	0,3310	0,3309	1,5049	1,5150	1,5083
08/09/2012	0,6869	0,6777	0,6789	0,5228	0,5232	0,5229	0,5012	0,4952	0,5041	0,3823	0,3778	0,3846	1,5934	1,6040	1,5969
22/09/2012	0,6906	0,6814	0,6826	0,5707	0,5639	0,5741	0,5077	0,5016	0,5107	0,3862	0,3816	0,3885	1,6141	1,6249	1,6177
06/10/2012	0,7008	0,6925	0,7050	0,6167	0,6093	0,6204	0,5175	0,5113	0,5206	0,4173	0,4123	0,4198	1,6452	1,6562	1,6489
20/10/2012	0,7265	0,7178	0,7308	0,6298	0,6223	0,6336	0,5263	0,5200	0,5294	0,4262	0,4211	0,4287	1,6732	1,6844	1,6769

Apêndice C - Resultados Nitrito

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	0,0860	0,0820	0,0830	0,0797	0,0760	0,0769	0,0540	0,0515	0,0521	0,0585	0,0558	0,0564	0,0992	0,0946	0,0957
26/11/2011	0,0940	0,0890	0,0900	0,0871	0,0825	0,0834	0,0599	0,0567	0,0573	0,0584	0,0553	0,0559	0,1084	0,1026	0,1038
10/12/2011	0,0865	0,0819	0,0828	0,0801	0,0759	0,0767	0,0544	0,0515	0,0521	0,0588	0,0557	0,0563	0,0997	0,0944	0,0955
20/12/2011	0,0796	0,0753	0,0762	0,0737	0,0698	0,0706	0,0494	0,0467	0,0473	0,0541	0,0512	0,0518	0,0917	0,0869	0,0878
14/01/2012	0,0732	0,0693	0,0701	0,0678	0,0642	0,0649	0,0470	0,0445	0,0450	0,0498	0,0471	0,0477	0,0844	0,0865	0,0855
28/01/2012	0,0673	0,0638	0,0645	0,0624	0,0591	0,0597	0,0423	0,0400	0,0405	0,0458	0,0434	0,0438	0,0884	0,0878	0,0893
11/02/2012	0,0723	0,0685	0,0692	0,0701	0,0664	0,0671	0,0461	0,0436	0,0441	0,0505	0,0478	0,0483	0,0908	0,0860	0,0869
25/02/2012	0,0791	0,0749	0,0758	0,0717	0,0679	0,0687	0,0488	0,0462	0,0467	0,0521	0,0494	0,0499	0,0967	0,0916	0,0926
10/03/2012	0,0878	0,0831	0,0841	0,0774	0,0733	0,0741	0,0532	0,0503	0,0509	0,0569	0,0539	0,0545	0,1087	0,1029	0,1040
24/03/2012	0,0812	0,0769	0,0778	0,0716	0,0678	0,0686	0,0492	0,0466	0,0471	0,0527	0,0499	0,0504	0,1006	0,0952	0,0963
07/04/2012	0,0731	0,0692	0,0700	0,0644	0,0610	0,0617	0,0443	0,0419	0,0424	0,0474	0,0448	0,0453	0,0863	0,0856	0,0866
21/04/2012	0,0708	0,0670	0,0678	0,0624	0,0591	0,0598	0,0429	0,0406	0,0410	0,0459	0,0434	0,0439	0,0876	0,0830	0,0839
05/05/2012	0,0686	0,0649	0,0657	0,0605	0,0573	0,0579	0,0415	0,0393	0,0398	0,0444	0,0421	0,0426	0,0820	0,0804	0,0813
19/05/2012	0,0635	0,0629	0,0636	0,0586	0,0555	0,0561	0,0402	0,0381	0,0385	0,0431	0,0408	0,0412	0,0783	0,0779	0,0787
02/06/2012	0,0626	0,0593	0,0600	0,0548	0,0542	0,0541	0,0430	0,0407	0,0412	0,0413	0,0391	0,0395	0,0879	0,0832	0,0842
16/06/2012	0,0617	0,0584	0,0591	0,0555	0,0559	0,0560	0,0424	0,0401	0,0406	0,0411	0,0389	0,0394	0,0866	0,0820	0,0830
30/06/2012	0,0694	0,0657	0,0665	0,0585	0,0592	0,0586	0,0477	0,0452	0,0457	0,0410	0,0388	0,0392	0,0975	0,0923	0,0933
14/07/2012	0,0763	0,0722	0,0730	0,0611	0,0608	0,0609	0,0524	0,0496	0,0502	0,0408	0,0386	0,0391	0,1071	0,1014	0,1025
28/07/2012	0,0830	0,0785	0,0794	0,0620	0,0618	0,0617	0,0570	0,0539	0,0546	0,0407	0,0385	0,0389	0,1165	0,1103	0,1115
11/08/2012	0,0869	0,0823	0,0832	0,0641	0,0642	0,0649	0,0597	0,0565	0,0572	0,0405	0,0383	0,0388	0,1220	0,1155	0,1168
25/08/2012	0,0839	0,0794	0,0803	0,0657	0,0659	0,0651	0,0576	0,0545	0,0552	0,0403	0,0382	0,0386	0,1177	0,1115	0,1127
08/09/2012	0,0888	0,0841	0,0850	0,0735	0,0738	0,0747	0,0610	0,0578	0,0584	0,0514	0,0486	0,0492	0,1247	0,1180	0,1194
22/09/2012	0,0917	0,0868	0,0878	0,0780	0,0778	0,0782	0,0630	0,0596	0,0603	0,0561	0,0531	0,0537	0,1287	0,1219	0,1232
06/10/2012	0,0900	0,0852	0,0861	0,0801	0,0798	0,0805	0,0618	0,0585	0,0592	0,0519	0,0491	0,0497	0,1263	0,1196	0,1209
20/10/2012	0,0933	0,0883	0,0893	0,0884	0,0837	0,0846	0,0641	0,0606	0,0613	0,0573	0,0542	0,0548	0,1309	0,1239	0,1253

Apêndice D - Resultados Nitrato

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	1,0122	1,0340	1,0128	0,9689	0,9897	0,9695	0,6357	0,6494	0,6361	0,6883	0,7031	0,6887	0,5537	0,5565	0,5460
26/11/2011	1,1011	1,1024	1,1018	1,0540	1,0552	1,0546	0,7012	0,7020	0,7016	0,6842	0,6850	0,6846	0,5285	0,5390	0,5285
10/12/2011	1,0130	1,0142	1,0137	0,9697	0,9708	0,9703	0,6376	0,6384	0,6380	0,6888	0,6897	0,6893	0,4984	0,5180	0,5040
20/12/2011	0,9320	0,9331	0,9326	0,8921	0,8931	0,8926	0,5781	0,5788	0,5785	0,6337	0,6345	0,6341	0,5030	0,5240	0,4935
14/01/2012	0,8574	0,8584	0,8580	0,8207	0,8217	0,8212	0,5511	0,5518	0,5515	0,5830	0,5837	0,5834	0,2877	0,2909	0,2888
28/01/2012	0,7888	0,7898	0,7893	0,7551	0,7560	0,7555	0,4954	0,4960	0,4958	0,5364	0,5370	0,5367	0,3147	0,3168	0,3154
11/02/2012	0,8469	0,8479	0,8474	0,8483	0,8493	0,8488	0,5396	0,5402	0,5399	0,5914	0,5921	0,5918	0,3678	0,3703	0,3686
25/02/2012	0,9268	0,9279	0,9274	0,8682	0,8693	0,8688	0,5719	0,5726	0,5723	0,6106	0,6114	0,6110	0,3919	0,3945	0,3928
10/03/2012	1,0284	1,0296	1,0290	0,9368	0,9379	0,9374	0,6228	0,6235	0,6232	0,6665	0,6673	0,6669	0,4403	0,4432	0,4413
24/03/2012	0,9517	0,9528	0,9523	0,8669	0,8679	0,8675	0,5763	0,5770	0,5767	0,6168	0,6175	0,6171	0,4075	0,4102	0,4084
07/04/2012	0,8422	0,8429	0,8433	0,7798	0,7807	0,7803	0,5184	0,5190	0,5187	0,5548	0,5554	0,5551	0,3665	0,3690	0,3673
21/04/2012	0,8293	0,8302	0,8298	0,7554	0,7563	0,7559	0,5022	0,5028	0,5025	0,5374	0,5381	0,5378	0,3550	0,3574	0,3558
05/05/2012	0,7916	0,7925	0,7921	0,7318	0,7326	0,7322	0,4865	0,4871	0,4868	0,5206	0,5212	0,5209	0,3439	0,3462	0,3447
19/05/2012	0,7729	0,7783	0,7787	0,7089	0,7097	0,7093	0,4713	0,4718	0,4716	0,5043	0,5049	0,5046	0,3332	0,3354	0,3339
02/06/2012	0,7578	0,7587	0,7583	0,7141	0,7162	0,7166	0,5038	0,5044	0,5041	0,4435	0,4411	0,4438	0,3562	0,3585	0,3570
16/06/2012	0,7470	0,7478	0,7474	0,7283	0,7234	0,7237	0,4966	0,4972	0,4969	0,4517	0,4523	0,4529	0,3511	0,3534	0,3519
30/06/2012	0,8403	0,8413	0,8409	0,7355	0,7405	0,7409	0,5587	0,5593	0,5590	0,4699	0,4684	0,4692	0,3950	0,3976	0,3958
14/07/2012	0,9233	0,9244	0,9239	0,7627	0,7677	0,7681	0,6138	0,6145	0,6142	0,4980	0,4986	0,4983	0,4339	0,4368	0,4349
28/07/2012	1,0040	1,0052	1,0046	0,7699	0,7649	0,7653	0,6675	0,6682	0,6679	0,4962	0,4968	0,4965	0,4719	0,4750	0,4729
11/08/2012	1,0939	1,0952	1,0946	0,8271	0,8321	0,8325	0,6988	0,6954	0,6987	0,5844	0,5850	0,5847	0,5142	0,5176	0,5153
25/08/2012	1,1655	1,1668	1,1662	0,8244	0,8294	0,8297	0,7025	0,7122	0,7105	0,6126	0,6132	0,6129	0,5478	0,5514	0,5490
08/09/2012	1,2340	1,2354	1,2348	0,9906	0,9918	0,9912	0,8204	0,8213	0,8209	0,6526	0,6534	0,6531	0,5800	0,5838	0,5813
22/09/2012	1,3888	1,3905	1,3897	1,0991	1,1004	1,0998	0,9233	0,9244	0,9239	0,6592	0,6600	0,6596	0,6528	0,6571	0,6542
06/10/2012	1,3590	1,3606	1,3599	1,0171	1,0183	1,0178	0,9035	0,9046	0,9041	0,7123	0,7132	0,7128	0,6388	0,6430	0,6402
20/10/2012	1,4169	1,4186	1,4178	1,1225	1,1238	1,1232	0,9420	0,9431	0,9426	0,7275	0,7283	0,7279	0,6659	0,6704	0,6674

Apêndice E - Resultados Nitrogênio total

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	2,0273	2,0202	2,0264	1,9052	1,9255	1,9066	1,2776	1,2909	1,2786	1,3832	1,3976	1,3843	2,6174	2,6243	2,5786
26/11/2011	2,1959	2,1884	2,2016	2,0741	2,0607	2,0744	1,4102	1,4008	1,4105	1,3760	1,3668	1,3762	2,5157	2,5559	2,5102
10/12/2011	2,0217	2,0150	2,0288	1,9098	1,8974	1,9100	1,2302	1,2223	1,2301	1,3290	1,3205	1,3289	2,3700	2,4516	2,3901
20/12/2011	1,8619	1,8554	1,8681	1,7586	1,7471	1,7588	1,1164	1,1092	1,1163	1,2238	1,2159	1,2237	2,3810	2,4694	2,3337
14/01/2012	1,7145	1,7086	1,7203	1,6195	1,6089	1,6196	1,1228	1,1152	1,1231	1,1879	1,1799	1,1881	1,4038	1,4200	1,4096
28/01/2012	1,5787	1,5734	1,5843	1,4915	1,4817	1,4916	1,0105	1,0036	1,0106	1,0940	1,0865	1,0942	1,5295	1,5379	1,5335
11/02/2012	1,6940	1,6876	1,6991	1,6757	1,6647	1,6758	1,1005	1,0930	1,1007	1,2061	1,1979	1,2063	1,7733	1,7783	1,7723
25/02/2012	1,8550	1,8487	1,8613	1,7150	1,7038	1,7152	1,1664	1,1585	1,1666	1,2454	1,2369	1,2456	1,8893	1,8946	1,8882
10/03/2012	2,0582	2,0512	2,0653	1,8505	1,8383	1,8506	1,2702	1,2615	1,2704	1,3593	1,3500	1,3595	2,1228	2,1287	2,1215
24/03/2012	1,9047	1,8982	1,9112	1,7124	1,7012	1,7125	1,1754	1,1674	1,1756	1,2579	1,2493	1,2581	1,9644	1,9699	1,9633
07/04/2012	1,6980	1,6909	1,7037	1,5403	1,5302	1,5404	1,0573	1,0501	1,0575	1,1314	1,1238	1,1317	1,7621	1,7719	1,7659
21/04/2012	1,6597	1,6540	1,6654	1,4922	1,4824	1,4923	1,0242	1,0173	1,0244	1,0961	1,0886	1,0963	1,7117	1,7166	1,7107
05/05/2012	1,5857	1,5804	1,5912	1,4455	1,4360	1,4456	0,9922	0,9854	0,9924	1,0618	1,0545	1,0620	1,6548	1,6628	1,6572
19/05/2012	1,5343	1,5432	1,5547	1,4002	1,3910	1,4003	0,9611	0,9546	0,9613	1,0285	1,0215	1,0287	1,6017	1,6108	1,6053
02/06/2012	1,4916	1,4886	1,4986	1,4116	1,4132	0,9722	1,0274	1,0205	1,0276	0,9352	0,9260	0,9364	1,7151	1,7198	1,7142
16/06/2012	1,4710	1,4681	1,4779	1,4348	1,4291	1,4292	1,0128	1,0059	1,0130	0,9435	0,9379	0,9458	1,6907	1,6956	1,6895
30/06/2012	1,6525	1,6471	1,6581	1,4548	1,4602	1,4600	1,1394	1,1316	1,1396	0,9629	0,9540	0,9620	1,9007	1,9062	1,8994
14/07/2012	1,8171	1,8103	1,8224	1,4980	1,5051	1,5154	1,2519	1,2433	1,2521	0,9972	0,9898	0,9966	2,0867	2,0930	2,0860
28/07/2012	1,9798	1,9732	1,9864	1,5081	1,5035	1,5136	1,3613	1,3520	1,3615	0,9966	0,9930	0,9995	2,2699	2,2766	2,2686
11/08/2012	2,1233	2,1164	2,1303	1,6555	1,6591	1,6617	1,4256	1,4110	1,4252	1,1373	1,1362	1,1360	2,4016	2,4089	2,4003
25/08/2012	2,2489	2,2416	2,2561	1,6689	1,6730	1,6726	1,4606	1,4610	1,4700	1,1726	1,1727	1,1723	2,5449	2,5534	2,5441
08/09/2012	2,3754	2,3665	2,3689	1,8858	1,8869	1,8874	1,6357	1,6253	1,6364	1,2844	1,2762	1,2847	2,6927	2,7014	2,6922
22/09/2012	2,5683	2,5584	2,5608	2,0770	2,0690	2,0814	1,7681	1,7575	1,7687	1,3044	1,2958	1,3045	2,8053	2,8150	2,8048
06/10/2012	2,5416	2,5338	2,5494	2,0366	2,0278	2,0415	1,7544	1,7438	1,7552	1,3967	1,3880	1,3973	2,8222	2,8319	2,8219
20/10/2012	2,6469	2,6387	2,6549	2,1861	2,1720	2,1862	1,8133	1,8024	1,8140	1,4337	1,4245	1,4340	2,8915	2,9014	2,8911

Apêndice F - Resultados Fósforo total

Data	Triplicata ponto 1			Triplicata ponto 2			Triplicata ponto 3			Triplicata ponto 4			Triplicata ponto 5		
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
12/11/2011	0,0780	0,0740	0,0760	0,0710	0,0673	0,0692	0,0496	0,0470	0,0483	0,0538	0,0511	0,0524	0,0657	0,0645	0,0621
26/11/2011	0,0750	0,0720	0,0740	0,0683	0,0710	0,0673	0,0483	0,0502	0,0476	0,0471	0,0490	0,0465	0,0645	0,0693	0,0705
10/12/2011	0,0959	0,0910	0,0935	0,0911	0,0865	0,0888	0,0541	0,0513	0,0527	0,0585	0,0555	0,0570	0,0722	0,0709	0,0683
20/12/2011	0,0923	0,0959	0,0910	0,0876	0,0911	0,0865	0,0525	0,0546	0,0518	0,0563	0,0585	0,0555	0,0709	0,0761	0,0775
14/01/2012	0,0820	0,0810	0,0790	0,0702	0,0730	0,0693	0,0465	0,0484	0,0459	0,0502	0,0522	0,0495	0,0739	0,0793	0,0807
28/01/2012	0,0780	0,0710	0,0740	0,0720	0,0749	0,0710	0,0518	0,0538	0,0511	0,0554	0,0576	0,0547	0,0815	0,0875	0,0891
11/02/2012	0,0640	0,0650	0,0660	0,0660	0,0626	0,0643	0,0436	0,0414	0,0425	0,0469	0,0445	0,0457	0,0670	0,0657	0,0633
25/02/2012	0,0777	0,0808	0,0767	0,0635	0,0660	0,0626	0,0417	0,0433	0,0411	0,0451	0,0469	0,0445	0,0657	0,0706	0,0718
10/03/2012	0,0611	0,0618	0,0608	0,0514	0,0535	0,0508	0,0392	0,0407	0,0387	0,0408	0,0424	0,0402	0,0592	0,0636	0,0647
24/03/2012	0,0550	0,0572	0,0543	0,0476	0,0495	0,0470	0,0363	0,0377	0,0358	0,0377	0,0393	0,0372	0,0548	0,0589	0,0599
07/04/2012	0,0495	0,0515	0,0488	0,0428	0,0445	0,0422	0,0373	0,0370	0,0348	0,0340	0,0353	0,0335	0,0493	0,0529	0,0539
21/04/2012	0,0479	0,0499	0,0473	0,0415	0,0431	0,0409	0,0341	0,0376	0,0340	0,0329	0,0342	0,0325	0,0478	0,0513	0,0522
05/05/2012	0,0466	0,0469	0,0458	0,0402	0,0418	0,0396	0,0350	0,0344	0,0326	0,0319	0,0331	0,0314	0,0463	0,0497	0,0505
19/05/2012	0,0450	0,0468	0,0444	0,0389	0,0405	0,0384	0,0323	0,0353	0,0319	0,0309	0,0321	0,0305	0,0448	0,0481	0,0490
02/06/2012	0,0431	0,0449	0,0426	0,0373	0,0388	0,0368	0,0273	0,0281	0,0274	0,0296	0,0308	0,0292	0,0463	0,0461	0,0461
16/06/2012	0,0402	0,0406	0,0408	0,0368	0,0376	0,0356	0,0271	0,0267	0,0265	0,0276	0,0287	0,0272	0,0462	0,0455	0,0467
30/06/2012	0,0380	0,0385	0,0389	0,0345	0,0343	0,0349	0,0266	0,0262	0,0260	0,0261	0,0271	0,0257	0,0426	0,0415	0,0437
14/07/2012	0,0395	0,0395	0,0395	0,0369	0,0365	0,0361	0,0281	0,0292	0,0277	0,0271	0,0282	0,0267	0,0459	0,0462	0,0477
28/07/2012	0,0514	0,0508	0,0500	0,0416	0,0412	0,0419	0,0312	0,0310	0,0309	0,0352	0,0366	0,0348	0,0449	0,0447	0,0473
11/08/2012	0,0534	0,0521	0,0508	0,0465	0,0469	0,0460	0,0301	0,0298	0,0302	0,0366	0,0381	0,0361	0,0422	0,0415	0,0450
25/08/2012	0,0484	0,0467	0,0449	0,0450	0,0448	0,0463	0,0285	0,0282	0,0286	0,0332	0,0346	0,0328	0,0420	0,0408	0,0455
08/09/2012	0,0502	0,0498	0,0509	0,0458	0,0468	0,0471	0,0448	0,0446	0,0442	0,0344	0,0616	0,0584	0,0435	0,0418	0,0478
22/09/2012	0,0656	0,0643	0,0649	0,0585	0,0598	0,0602	0,0419	0,0435	0,0413	0,0450	0,0453	0,0430	0,0569	0,0540	0,0633
06/10/2012	0,0649	0,0675	0,0640	0,0509	0,0529	0,0502	0,0388	0,0387	0,0382	0,0445	0,0420	0,0398	0,0586	0,0550	0,0661
20/10/2012	0,0814	0,0847	0,0803	0,0628	0,0653	0,0620	0,0399	0,0403	0,0395	0,0445	0,0463	0,0439	0,0646	0,0694	0,0706