INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

CAMPUS PLANALTINA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

SANDY FLORA BARBOSA OLIVEIRA

UTILIZAÇÃO DE *WETLANDS* CONSTRUÍDAS E MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE TANQUES DE PISCICULTURA EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Planaltina-DF

2015

INSTITUTO FEDERAL
BRASÍLIA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

***CAMPUS* PLANALTINA**

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA

UTILIZAÇÃO DE *WETLANDS* CONSTRUÍDAS E MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE TANQUES DE PISCICULTURA EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

SANDY FLORA BARBOSA OLIVEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado como parte das exigências para a obtenção do grau de Tecnóloga em Agroecologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB, *Campus* Planaltina.

Orientadora: Profª. Drª. Paula Petracco

Coorientadora: Esp. Selma Rosalina de Souza Duarte

66f.

Planaltina –DF

2015

Dedico este trabalho ao meu querido pai Antonio Soares e à minha mãe Maria do Socorro que são meu alicerce, que sempre foram meus incentivadores, que me apoiaram nessa minha jornada.

Agradecimentos

Agradeço a Deus primeiramente, pela luz e ânimo que me deu.

Agradeço aos meus pais Antonio Soares Oliveira e Maria do Socorro Barbosa Oliveira, pelo amor e carinho que sempre me deram e pelo incentivo em toda a minha caminhada, e aos meus irmãos Marcos, Diego, Júnior e Jady, pelo apoio e incentivo.

Ao meu noivo Pedro Gabriel que sempre me apoiou e me ajudou na construção do meu trabalho e por estar sempre ao meu lado.

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília – *Campus* Planaltina e ao Projeto de iniciação científica do qual fui bolsista, pelo edital 008/2014 de 06 de Fevereiro de 2014 que foi de onde gerou o incentivo à esta pesquisa.

Ao Núcleo de Pesquisa Aplicado a Pesca e a Aquicultura - NUPA, pelo apoio técnico-científico e pela estrutura disponibilizada.

À minha orientadora Profª. Drª. Paula Petracco por ter me dado a oportunidade de realizar esta pesquisa, pelos conselhos, pela dedicação, pelo transporte e apoio que sempre me deu.

À minha coorientadora Selma Rosalina, pelo suporte técnico e seu acolhimento na residência e total dedicação para comigo.

À MSc. Daniela Tannus Ramos e a Profª. Drª. Silvia Dias da Costa Fernandes pela revisão do abstract.

Aos meus colegas e amigos que contribuíram muito para a estruturação do sistema de *wetlands*, Giordani Emanuelle Carvalho Lima, Cosme Marciel Borges, José Cleide Souza da Silva e Ernandes dos Santos Souza, muito grata a vocês.

"Isso não é tudo, mas é o começo do meu tudo"

RESUMO

A crescente urbanização, industrialização e o aumento das atividades de aquicultura, que levam ao aumento do volume de dejetos lançados nos cursos hídricos, muitas vezes sem tratamento adequado, podem ocasionar a eutrofização dos rios e lagos. Desta maneira, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência e a eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento dos efluentes de tanques de piscicultura. A pesquisa foi desenvolvida em dois locais e sistemas distintos, sendo o primeiro Área 1 localizado no Instituto Federal de Brasília *Campus* Planaltina em parceria com o Núcleo de Pesquisa Aplicada à Pesca e à Aquicultura – NUPA sendo um sistema de tratamento tipo *wetlands* construídas utilizando quatro espécies de macrófitas aquáticas de tipos ecológicos diferentes: flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms; emersas *Costus spitacus* Jacq. e *Oryza* sp.; submersa *Egeria densa* Planch. no tratamento de efluentes gerados de tanques de *Oreochromis niloticus* L.. No segundo local, Área 2foram verificados6 tanques de piscicultura com recirculação de água e com as macrófitas do tipo ecológico flutuante: *Pistia stratiotes* L. e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluentes gerados de tanques de *Oreochromis niloticus,* carpas e de surubins, em uma propriedade particular na área urbana de Sobradinho 2, que fica localizada no Condomínio Serra Azul em uma área de 700 m^2. Foram analisadas amostras da água dos tanques de criação dos peixes nos dois locais, do efluente gerado e dos efluentes tratados, realizado apenas no NUPA. Na Área 1, foi possível verificar ao longo dos tratamentos a diminuição das concentrações de amônia e nitrito e o aumento da concentração de oxigênio dissolvido, bem como a elevação dos valores de pH. Na Área 2 verificou-se que nos tanques com maior cobertura do espelho d'água por macrófitas, principalmente *Pistia stratiotes*, tanques 1, 2 e 3, houve redução das concentrações de amônia e maior transparência da água, sendo a qualidade da água mais adequada para o cultivo de peixes.

Palavras-chave: *wetlands* construídas, plantas aquáticas, tratamento de água, recirculação de água.

ABSTRACT

Increasing urbanization, industrialization and aquaculture activities, leading to the increased volume of waste going to water resources, often without proper treatment, can cause rivers and lakes eutrophication. Thus, this research aimed to evaluate the influence and efficiency of aquatic weeds in the treatment of fish tanks effluents. This research was conducted at two different places and systems, the first one, Area 1 in Instituto Federal de Brasília *Campus* Planaltina in association with Núcleo de Pesquisa Aplicada à Pesca e à Aquicultura – NUPA, a wetlands type treatment system built using four species of macrophytes of different ecological types: floating *Eichhornia crassipes*(Mart.) Solms; emerged *Costus spitacus* Jacq. And *Oryza* sp.; submerged *Egeria densa* Planch. in the treatment of effluents *Oreochromis niloticus* L. tanks. In the second place, Area 2 were checked 6 fish tanks with water recirculation and floating ecological type: *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* in the treatment of effluents from *Oreochromis niloticus*, carps and surubins tanks, on a private estate in the urban area of Sobradinho 2, which is located in Serra Azul condominium in an area of 700 m^2. Samples of water from fish breeding tanks were analyzed in both areas, the effluent and the treated effluent conducted only in NUPA. In Area 1, it was verified during the treatment the reduction of ammonia and nitrite concentrations and increase of dissolved oxygen concentration as well as increasing pH values. In Area 2 we found that the tanks with greater coverage of the water surface by macrophytes, especially *Pistia stratiotes*, tanks 1, 2 and 3, there was a reduction of ammonia concentration and greater transparency of the water, being the most appropriate water quality for fish breeding.

Keywords: constructed wetlands, aquatic plants, water treatment, recirculation water..

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas flutuantes. (Fonte: Eneida Salati, 2003, p. 15).....24

Figura 2: Desenho esquemático de um sistema com macrófitas emergentes com fluxo vertical. A água a ser tratada deve ter um fluxo vertical em uma camada de brita, argila expandida e solo cultivado com plantas emergentes. (Fonte: Eneida Salati, 2003).....25

Figura 3: Desenho esquemático de um sistema com macrófitas submersas. As macrófitas podem ser cultivadas em vasos. (Fonte: Eneida Salati, 2003, p.22).....255

Figura 4: Sistema de *Wetlands* construídas elaborado pela Dra. Eneida Salati para esse projeto.....288

Figura 5: Representação de vista superior da área (Fonte: Duarte, 2015, p. 52).....30

Figura 6: A, B, C, D, E e F, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade ($mg.l^{-1}$ $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido ($mg\ O_2.L^{-1}$), Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$), Temperatura e Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$), no Sistema A. 34

Figura 7: H, I, J, K e L, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade ($mg.l^{-1}$ $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido ($mg\ O_2.L^{-1}$), Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$), Temperatura e Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$), no Sistema B. 35

Figura 8: M, N, O, P, Q e R, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade ($mg.l^{-1}$ $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido ($mg\ O_2.L^{-1}$), Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$), Temperatura e Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$), no Sistema C. 36

Figura 9: S, T, U, V, W e X, Respectivamente a variação do pH, Alcalinidade ($mg.l^{-1}$ $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido ($mg\ O_2.L^{-1}$), Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$), Temperatura e Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$), no Sistema D. 37

Figura 10: Variação nictemeral do pH.....40

Figura 11: Variação do pH 41

Figura 12: Variação nictemeral do Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) no "Fundo" dos tanques. ..41

Figura 13: Variação nictemeral do Oxigênio Dissolvido (mg.L-1) na "Superfície".....41

Figura 14: Variação do Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) "Fundo" 42

Figura 15: Variação do Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) "Superfície".....42

Figura 16: Variação nictemeral da Temperatura °C "Fundo" 42

Figura 17: Variação nictemeral da Temperatura °C "Superficie" 43

Figura 18: Variação da Temperatura (°C) "Fundo" 43

Figura 19: Variação da Temperatura (°C) "Superficie" 43

Figura 20: Variação nictemeral da Amônia (mg.L^{-1} N-NH_3) 44

Figura 21: Variação da Amônia (mg.L^{-1} N-NH_3) 44

Figura 22: Variação nictemeral do Nitrito (mg.L^{-1} N-NO_2) 44

Figura 23: Variação do Nitrito (mg.L^{-1} N-NO_2) 45

Figura 24: Variação nictemeral da Transparência da água 45

Figura 25: Variação da Transparência da água 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificação da qualidade da água destinada à piscicultura. 21

LISTA DE SIGLAS

C – Carbono

Ca – Cálcio

Cap. – Capítulo

cm – Centímetro

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

Dez. – Dezembro

DF – Distrito Federal

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ECO - Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

H – Hidrogênio

ha – Hectare

IFB - Instituto Federal de Brasília

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura

NUPA – Núcleo de Pesquisa Aplicado a Pesca e a Aquicultura

ONU - Organização das Nações Unidas

PVC - Policloreto de polivinila

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15

2. JUSTIFICATIVA 18

3. OBJETIVOS 19

3.1 Geral: 19

3.2 Específicos: 19

4. REVISÃO DE LITERATURA 20

4.1 Impactos ambientais da Piscicultura/Aquicultura 20

4.2 Parâmetros de qualidade de água para piscicultura 20

4.3 Reuso de água na piscicultura 21

4.4 Sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas residuárias 22

4.4.1 Sistema de tratamento com plantas aquáticas flutuantes 24

4.4.2 Sistema de tratamento com plantas aquáticas emergentes 24

4.4.3 Sistema de tratamento com plantas aquáticas submersas 25

5. METODOLOGIA 26

5.1 Áreas de Estudo 26

a) Utilização de plantas aquáticas no tratamento de efluentes de tanques de piscicultura/aquicultura do NUPA 26

a) Sistema de Recirculação 30

b) Utilização de plantas aquáticas no tratamento de efluentes de tanques de piscicultura 31

5.2 Coleta e análise de parâmetros físicos e químicos da água 31

5.2.1pH 32

5.2.2Oxigênio Dissolvido – OD (mgO_2/L) e Temperatura (°C) 32

5.2.3Alcalinidade, Nitrito e Amônia 32

5.2.4Transparência da água 33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....34
6.1 Parâmetros físicos e químicos da água 34
7. CONCLUSÃO.....50
8. REFERÊNCIAS 50
APÊNDICES 55

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida, seu intenso uso, a poluição e a contaminação, oriundas de lançamentos de efluentes sem tratamento, contribuem para agravar a escassez de água e reforçam a necessidade crescente do acompanhamento da alteração de sua qualidade (BRAGA *et al*; 1999; REBOUÇAS, 2003; *apud* TUNDISI, 2008).O crescimento da população humana e a decorrente necessidade de aumento da produção de alimentos e da industrialização promovem um crescente consumo de água para os mais variados fins, ocasionando uma elevada e diversa produção de resíduos e de dejetos lançados nos cursos de água, degradando os ecossistemas aquáticos (REBOUÇAS *et al*; 1999).

Segundo Tundisi (2008), de maneira geral na maioria dos países, atualmente cerca de 70% da disponibilidade total de água é utilizada na agricultura, sendo necessária a redução desse uso com a introdução de tecnologias adequadas, eliminação dos desperdícios e introdução de reuso e reciclagem.

Em função do aumento das atividades agrícolas, industriais e urbanas, a eutrofização dos ambientes aquáticos vem merecendo maior atenção. Este processo é decorrente do excesso de nutrientes básicos, principalmente nitrogênio e fósforo, sendo este conceito aplicado, atualmente, à fertilização excessiva, permanente e contínua de um corpo d'água, podendo resultar no desenvolvimento massivo e indesejado de algas, cianobactérias e macrófitas aquáticas, podendo ocasionar a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos (AZEVEDO NETO, 1988).

A eutrofização de lagos, represas e rios é uma das consequências dos usos excessivos de fertilizantes na agricultura, os quais, combinados com alterações de drenagem, podem aumentar consideravelmente e com rapidez os índices de estado trófico, incluindo as águas subterrâneas (TUNDISI, 2008, p. 10). A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que mais da metade dos rios do mundo está poluída pelos despejos dos esgotos domésticos, efluentes industriais e agrotóxicos (REBOUÇAS, 2003, p. 343).

Também preocupante é a crescente urbanização e industrialização, que levam ao aumento do volume de dejetos lançados nos cursos d'água, muitas vezes sem tratamento adequado, resultando na elevação do teor de cargas orgânicas e hiperproliferação de

microrganismos por vezes prejudiciais à micro e macro biota de cada ambiente (BASTOS *et al.*, 2006).

Com a expansão da aquicultura no Brasil surgiram novos desafios tais como o manejo correto dos recursos hídricos, visando evitar o lançamento de elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo e de resíduos diversos produzidos nos sistemas de aquicultura nos efluentes a serem lançados nos corpos de água e impedir a contaminação e eutrofização desses ambientes. À medida que as concentrações de nutrientes aumentam, há aceleração da produtividade de algas, alterando a ecologia do sistema aquático (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010, p. 150).

A aquicultura é a produção de organismos predominantemente aquáticos, em qualquer fase de desenvolvimento, e que envolva um espaço confinado e controlado. (OLIVEIRA, 2009, p.71). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil poderá se tornar um dos maiores produtores do mundo de origem pesqueira até 2030. Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a água utilizada no sistema normalmente é abastecida por lagos ou rios, e muitas vezes em um projeto de tanques para criação de peixes não é pensando e nem calculado o impacto ambiental que poderá surgir desse tipo de atividade.

Deve ser feito o tratamento da água que sai do sistema para que não ocorra eutrofização pelo excesso de nutrientes que esse sistema produz e pela contaminação por metais pesados advindos da ração dos peixes e ter cuidado para que não saiam dos tanques de criação para ambiente natural (HENRY-SILVA, CAMARGO, 2008). Há todo um planejamento e cuidado a ser feito para que não haja contaminação do sistema aquático.

Estratégias para minimizar o impacto da aquicultura no ambiente incluem: implantação de biofiltros para retenção dos nutrientes, monitoramento da qualidade da água, adoção de tecnologia adequada para cada local específico e remoção de sólidos, entre outros (PIEDRAHITA, 2003).

Uma das formas de tratamento da água que vem crescendo muito é o tratamento feito por plantas aquáticas, também denominadas macrófitas aquáticas que são vegetais visíveis a olho nu com partes fotossinteticamente ativas permanentemente, ou por diversos meses, todos

os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, podendo ainda ser flutuantes (IRGANG e GASTAL Jr., 1996).

As macrófitas aquáticas têm uma ampla distribuição e uma elevada capacidade de estocar nutrientes em suas biomassas, sendo atualmente utilizadas em vários países como um sistema de tratamento secundário ou terciário de águas residuárias, pois tem sido demonstrada sua elevada capacidade de remover uma ampla gama de substâncias orgânicas como os nutrientes até os metais pesados (HIDALGO *et al.*, 2005). As regiões com macrófitas aquáticas têm papel significativo em processar nutrientes, absorver substâncias tóxicas, e em regular o fluxo hidráulico (MARQUES, 1999), além da redução do material em suspensão (PETRACCO, 1995).

2. JUSTIFICATIVA

A utilização de macrófitas aquáticas e *wetlands* construídas para tratamento de efluentes de piscicultura podem proporcionar melhoria da qualidade da água e minimizar os impactos causados por esta atividade nos corpos de água, uma vez que as plantas absorvem e estocam em suas biomassas nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo, que podem causar a eutrofização dos ambientes aquáticos causando a morte de peixes e de outros organismos aquáticos que dependem de concentrações adequadas de oxigênio dissolvido na água para sobreviver.

Nesse intuito a presente pesquisa foi realizada em dois locais e com sistemas distintos, sendo que na Área 1 foi utilizado um sistema de *wetlands* construídas para tratar efluentes dos tanques de piscicultura; na Área 2, utilizou-se plantas aquáticas flutuantes em um sistema integrado com cultivo de plantas e peixes. Nos dois locais a água do sistema era de recirculação, visando uma menor utilização da água, adequando a pesquisa ao momento de crise hídrica mundial, pois em um sistema que a água é tratada e reutilizada, reduz-se a utilização dos recursos hídricos, pois há necessidade de um volume muito alto para renovação da água para os peixes.

Deste modo, foi planejado o tratamento da água com plantas aquáticas, visando a melhoraria da qualidade da água ao final do processo e a minimização dos impactos gerados ao ambiente, além de verificar a eficácia das macrófitas em relação à minimização da eutrofização em tanques de piscicultura com recirculação de água.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral:

Essa pesquisa teve como objetivo investigar a eficiência de sistemas de *wetlands* construídas, utilizando macrófitas aquáticas de tipos ecológicos diferentes: flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (aguapé); emersas *Costus spitacus* Jacq. (cana-do-brejo) e *Oryza* sp. (arroz); submersa *Egeria densa* Planch. (elodea) para tratar os efluentes dos tanques de piscicultura do Núcleo de Pesquisa Aplicado a Pesca e a Aquicultura - NUPA, visando a melhoraria da qualidade da água ao final do processo, bem como avaliar a influência das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Pistia stratiotes* L. na qualidade da água em tanques de piscicultura com recirculação de água em uma propriedade particular em área urbana de Sobradinho 2 (Área 2).

3.2 Específicos:

- Analisar os parâmetros físicos e químicos: nos afluentes e efluentes dos tanques de piscicultura e nos tanques de tratamento com plantas aquáticas no NUPA. Nos tanques de piscicultura da Área 2 com recirculação de água em uma propriedade particular em área urbana de Sobradinho 2.
urbana de Sobradinho 2.

- Analisar em um período de 24 horas a variação dos parâmetros físico e químicos da água de tanques de piscicultura com recirculação de água em uma propriedade particular em área urbana de Sobradinho 2.

- Analisar a eficiência de cada experimento de *wetland* construída em relação aos parâmetros físicos e químicos analisados, ao final do processo.

- Analisar a influência das macrófitas aquáticas na qualidade da água dos tanques de piscicultura com recirculação de água em uma propriedade particular em área urbana de Sobradinho 2.

- Disponibilizar os dados da pesquisa para servir de fonte de consulta.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Impactos ambientais da piscicultura/aquicultura

Os efluentes de aquicultura são ricos em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica que contribuem para a eutrofização dos corpos de água receptores, além de ocasionarem redução ou alteração da biodiversidade.

A expansão da aquicultura tem contribuído com o aumento de nutrientes no meio aquático e, além disso, o manejo inadequado pode ser prejudicial para os animais (BOYD e QUEIROZ, 1997 *apud* MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Desta maneira, a produtividade em uma atividade como a piscicultura depende fundamentalmente da qualidade da água, indicada por variáveis físicas, químicas e biológicas (BOYD e TUCKER, 1998; MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005 *apud* MACEDO E SIPAÚBA-TAVARES, 2010, p. 150-151) e conforme a produção de organismos aquáticos aumenta, a tendência é que os impactos negativos sobre o ambiente também se intensifiquem.

4.2 Parâmetros de qualidade de água para piscicultura

A avaliação dos níveis de qualidade da água para peixes, incluindo oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito e alcalinidade total, e transparência são importantes para se prever como estão as condições ambientais para a vida destes organismos (GOLOMBIESKI, *et al*; 2005, p. 1263). (Tabela 1).

O oxigênio dissolvido em tanques é monitorado por ser o primeiro parâmetro de qualidade da água a ser afetado pelo incremento da alimentação e do metabolismo dos peixes. Muitos casos de depleção de oxigênio dissolvido em tanques com peixes são resultantes das altas taxas de respiração noturna promovida pela densa comunidade planctônica, da respiração de organismos bentônicos e da decomposição bacteriana (SUMAGAYSAY-CHAVOSO e SAN DIEGO-McGLONE, 2003).

A temperatura da água influencia fortemente o consumo de oxigênio e também a capacidade de dissolução do oxigênio na água (GOLOMBIESKI *et al*; 2005), pois a solubilidade do oxigênio depende do fator temperatura associado a pressão, sendo que com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução da solubilidade do oxigênio (ESTEVES, 2011).

A amônia é o mais abundante resíduo nitrogenado produzido por meio do catabolismo dos aminoácidos, sendo, na água, reduzida a nitrito pela nitrificação bacteriana antes de ser convertida a nitrato (COSTA, *et al*; 2004 *apud* GOLOMBIESKI *et al;* 2005, p. 1264). Ela é tóxica para peixes e também para outros animais aquáticos, especialmente em tanques com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (PEREIRA e MERCANTE, 2005, p. 83).

Dois fatores principais comprometem a concentração de amônia em tanques: a taxa de excreção pelos peixes e a difusão pelos sedimentos que representa uma parte da amônia externa.

Tabela 1: Especificação da qualidade da água destinada à piscicultura.

Especificação da análise	Níveis desejados
pH	5 a 9
Alcalinidade	40 a 200 mg/l em seu equivalente em $CaCO_3$
Dureza	Acima de 15 mg/l em seu equivalente em $CaCo_3$
Oxigênio dissolvido	Acima de 4 mg/l
CO_2 livre	Abaixo de 20 mg/l
Amônia	Abaixo de 0,5 mg/l
Gás sulfídrico	Abaixo de 1,0 mg/l
Metano	Abaixo de 0,5 mg/l
Ferro	Abaixo de 1,0 mg/l
Alumínio	Abaixo de 0,5 mg/l
Presença de nitratos, fosfatos, carbonatos e sulfatos	

Fonte: BEZERRA e SILVA. (1988, p. 4-5).

4.3 Reuso de água na piscicultura

A agenda 21 (1994) dedicou importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO) 92, a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2002, p.75).

A "Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente" realizada em Brasília, em dezembro de 1992, recomendou, sob o item Conservação e Gestão de Recursos para o Desenvolvimento (Parágrafo 64/B), que se envidassem esforços, em nível nacional, para "institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgotos, de maneira a não poluir o meio ambiente"

(HESPANHOL, 2002, p.75).Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos.

Felizatto *et al*; (2000)citam que

> no sentido da preservação o reuso direto em piscicultura, principalmente na fase de engorda de peixes juvenis e adultos, acomoda-se bem ou é politicamente correto, uma vez que se o produtor utilizar toda ou parte da água tratada no cultivo estará poupando uma retirada desse recurso natural, sendo que esta seria um parte de água quase sempre de boa qualidade.

4.4 Sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas residuárias

O intenso uso, a poluição e a contaminação das águas, oriundas de lançamentos de efluentes sem tratamento, contribuem para agravar a escassez de água e reforçam a necessidade crescente do acompanhamento da alteração de sua qualidade (BRAGA *et al*; 1999). A preocupação com o ambiente deve ser parte integrante do processo de produção, de modo que as técnicas devem otimizar a produção de organismos aquáticos considerando os possíveis impactos do sistema de criação (VALENTI, 2000 *apud*, HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008)

Dentre as práticas de manejo aplicadas estão as "*wetlands*" (do inglês *wet* = úmido/ *land* = terra), consideradas áreas transacionais entre terra e água, sendo caracterizadas por solos encharcados e plantas adaptadas a estes sistemas, que contribuem para a redução ou remoção de contaminantes, incluindo matéria orgânica, inorgânica e patógenos da água (KIVAISI, 2001). As regiões de transição solo/água com macrófitas aquáticas, também chamadas "*wetlands* naturais" ou terras úmidas ou áreas alagáveis (MARQUES, 1999) são ecótonos, isto é, constituem zonas de fronteiras entre a água dos ambientes lênticos (lagos, açudes e represas) e os ambientes terrestres adjacentes e aí se desenvolve uma biota altamente diversificada (HENRY, 2003). Estas áreas possuem importantes funções dentro dos ecossistemas onde estão inseridas, dentre as quais se destacam:

- A capacidade de regularização dos fluxos de água;
- A capacidade de modificar e controlar naturalmente a qualidade das águas;
- A reprodução e alimentação da fauna aquática;
- A proteção à biodiversidade como área de refúgio da fauna terrestre.

Esses sistemas podem ser considerados filtros biológicos nos quais os microrganismos (aeróbios e anaeróbios) e as macrófitas aquáticas são os principais responsáveis pela purificação da água (WOOD, 1995).

Sistema de alagados construídos, também conhecidos como *wetlands* construídas, leitos cultivados, jardins filtrantes, áreas úmidas, etc, são sistemas que foram desenvolvidos a partir da observação de ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano (SALATI, 2003, pg. 113), que oferecem melhores oportunidades para o tratamento de águas poluídas do que áreas alagadas naturais, pois podem ser idealizadas para maximizar sua eficiência quanto à diminuição de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e processos de remoção de nutrientes, através do máximo controle sobre o sistema hidráulico e a vegetação da área alagada (VERHOEVEN e MEULEMAN, 1999 *apud* SALATI, 2003, p. 113).

A eficiência do sistema irá depender de boa relação de todos os componentes para que haja uma ação de filtragem mecânica que irá depender da estrutura granulométrica do solo e da sua composição, a ação biológica que é exercida por diversos mecanismos como a ação de microorganismos do solo que decompõem a matéria orgânica, e que retiram nutrientes ao mesmo tempo em que mantêm a permeabilidade do solo. (SALATI, 2006, p.13)

O uso de *wetlands* construídas no tratamento de efluentes de aquicultura tem mostrado bons resultados na remoção da maioria dos poluentes dos efluentes de viveiros de bagres, camarões marinhos e tilápias-do-nilo, incluindo nitrogênio, fósforo e material particulado em suspensão (SCHWARTZ e BOYD, 1995; TILLEY *et al.*, 2002; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006 *apud* BIUDES, 2007, p. 46)

O tratamento de efluentes por sistemas com macrófitas aquáticas ocorre por diversos mecanismos, como a sedimentação de sólidos, incorporação de contaminantes, biotransformação e reações físicas e químicas (SOOKNAH; WILKIE, 2004 *apud* ASSUNÇÃO, 2011)

Os sistemas de tratamento de efluentes por meio de macrófitas aquáticas podem ser viáveis para os aquicultores, pois o tratamento por plantas aquáticas é ecológico e natural, sem a utilização de produtos químicos para o tratamento de água, podendo assim minimizar os impactos sobre os ecossistemas aquáticos (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

4.4.1 Sistema de tratamento com plantas aquáticas flutuantes

A espécie mais estudada para essa finalidade é a *Eichhornia crassipes* da família Pontederiaceae, pela suas características de robustez associada a uma grande capacidade de crescimento vegetativo. (Figura 1).

A utilização desta planta é devida a sua capacidade de resistir a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura (SALATI*et al;* 2009, p. 4).

"A eficiência do aguapé na remoção de sólidos em suspensão está bem documentada. A maior parte dos sólidos em suspensão é removida por sedimentação ou por adsorção no sistema radicular das plantas" (DEBUSK *et al*; 1989, *apud* SALATI, 2006, p.8).

Os sistemas de purificação de água utilizando aguapé estão suficientemente desenvolvidos para serem utilizados em regiões tropicais e sub-tropicais (SALATI, 2006, p.16).

Hespanhol (2008) cita que:

> Algumas plantas aquáticas conhecidas como "*duckweeds*" (*Lemna, Spirodela* e *Wolffia*) são cultivadas em algumas partes da Ásia, empregando-se em lagoas rasas fertilizadas com esgotos ou excretas. Depois de colhidas e secas, essas plantas são utilizadas como alimento para galinhas, patos e alguns tipos de caracóis comestíveis.

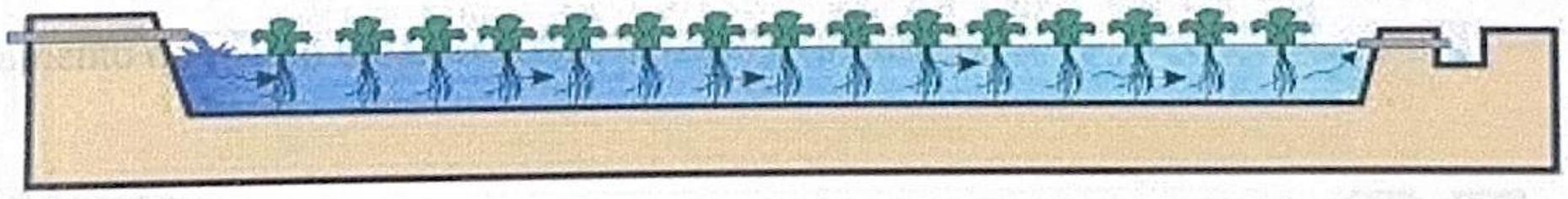


Figura 1: Desenho esquemático de um canal com plantas aquáticas flutuantes. (Fonte: SALATI, 2003, p. 15).

4.4.2 Sistema de tratamento com plantas aquáticas emergentes

As *wetlands* com solos filtrantes são sistemas constituídos por camadas superpostas de brita, pedrisco, argila expandida e solo cultivado. As dimensões dos módulos de solos

filtrantes, bem como a espessura da camada do solo, variam de acordo com o efluente a ser tratado e da eficiência que se deseja atingir. Pela experiência obtida pode-se filtrar até 100-300l/s/ha (INSTITUTO DE ECOLOGIA APLICADA, 1997). (Figura 2).

O efluente a ser purificado é introduzido através de um colchão de pedriscos, procurando-se induzir um fluxo horizontal, em um lençol de pedras ou pedriscos, no qual estão cultivadas as plantas escolhidas para o sistema (SALATI *et al;* 2009).O total de nutrientes retirado e armazenado nos tecidos das plantas é pequeno quando comparado com o total que existe na água afluente ao sistema (SALATI *et al;* 2009).

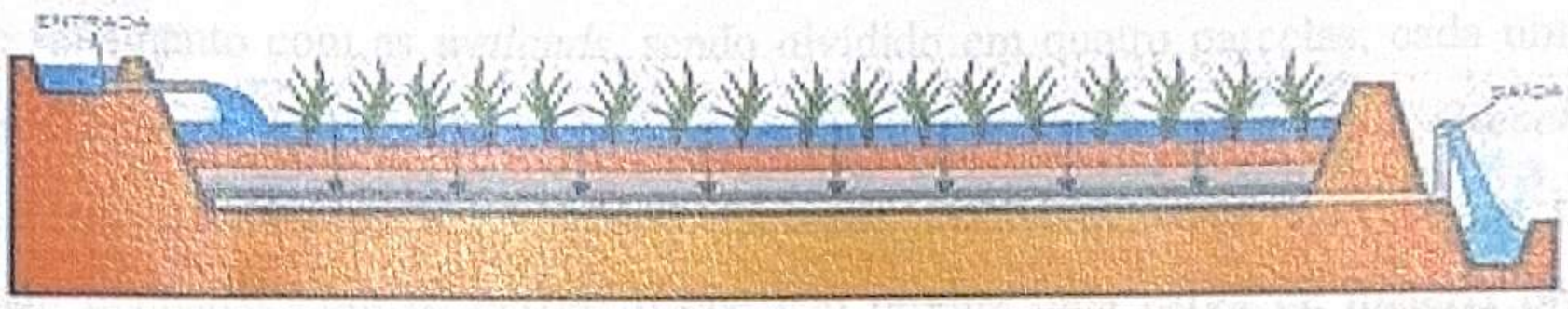


Figura 2: Desenho esquemático de um sistema com macrófitas emergentes com fluxo vertical. A água a ser tratada deve ter um fluxo vertical em uma camada de brita, argila expandida e solo cultivado com plantas emergentes. (Fonte: SALATI, 2003).

4.4.3 Sistema de tratamento com plantas aquáticas submersas

Essas plantas têm um papel muito importante para esse tipo de sistema, pois pela ação fotossintética, geram oxigênio na água no período diurno, contribuindo para que a água saia do sistema em boas condições para seguir pelos cursos hídricos. Além disso, estas macrófitas podem absorver os nutrientes dos corpos hídricos, porém, seu desenvolvimento é melhor em águas bem oxigenadas e com baixa turbidez, por esse motivo não têm sido recomendadas para tratamento de esgoto urbano (SALATI, 2009). (Figura 3).



Figura 3: Desenho esquemático de um sistema com macrófitas submersas. As macrófitas podem ser cultivadas em vasos. (Fonte: SALATI, 2003, p.22).

5. METODOLOGIA

5.1 Áreas de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em dois locais e em sistemas distintos, sendo delineados conforme descrições feitas a seguir.

5.1.1 Área 1 -NUPA

A primeira fase do trabalho foi desenvolvida no *Campus* Planaltina do IFB, com estrutura e insumos disponibilizados pelo projeto NUPA, que visa à produção agroecológica de alevinos e de peixes, no mês de Abril de 2015.

O laboratório para criação dos alevinos foi projetado em um galpão adjacente ao sistema de tratamento com as *wetlands*, sendo dividido em quatro parcelas, cada uma com oito caixas d'água de 500L cada, as quais deveriam ser todas povoadas com *Oreochromis niloticus* L. (tilápia). O sistema apresentou inúmeros problemas, sendo que apenas 1/3 das caixas foram ocupadas com os peixes, o que não produz uma carga de matéria orgânica elevada e regular para o sistema de tratamento. Deste modo, após o povoamento parcial com tilápias das caixas d'água adjacentes, o sistema de *wetlands* pode iniciar seu funcionamento e a partir do dia 13 de Abril, foram realizadas as análises da água através de coletas que passaram a ser feitas a cada 48 horas regularmente a partir do dia 21 de Abril. Os pontos de amostragem foram P0 (Abastecimento), afluente do viveiro (inicial) e após cada Sistema (T1a, T2a e T3a), (T1b, T2b e T3b), (T1c, T2c e T3c), (T1d, T2d e T3d). As amostras para análise foram coletadas em frascos de vidro.

a) Utilização de plantas aquáticas no tratamento de efluentes de tanques de piscicultura/aquicultura do NUPA

O sistema de tratamento do efluente do NUPA foi composto por doze caixas d'água de plástico de polietileno em formato circular. Foram realizados experimentos diferentes, sendo três tratamentos e um controle, sendo utilizados três tipos ecológicos de macrófitas aquáticas, flutuante *Eichhornia crassipes* (aguapé), emersa *Costus spitacus* (cana-do-brejo) e *Oryza* sp. (arroz) e submersa *Egeria densa* Planch (elodea). A Drª Eneida Salati elaborou um projeto especialmente adequado para essa pesquisa, calculou a vazão afluente necessária para garantir o tempo de residência ideal em cada tratamento/caixa d'água. Sendo assim, o tempo médio de residência da água no sistema de tratamento deve ser em torno de 24 horas.

2o. Experimento: Solo Filtrante - Aguapé/Pistia - Lemna

1 - Para Tempo de Residência no canal de plantas aquáticas = 1 dia

Volume útil dos tanques = 400 litros

Vazão de entrada = 0,005 l/s ou 0,3 l/min ou 300 cm^3/min

Taxa de aplicação no solos filtrantes = 64 l/s/ha

2 - Para Tempo de Residência no canal de plantas aquáticas = 2 dias

Volume útil dos tanques = 400 litros

Vazão de entrada = 0,0025 l/s ou 0,15 l/min ou 150 cm^3/min

Taxa de aplicação no solos filtrantes = 32 l/s/ha

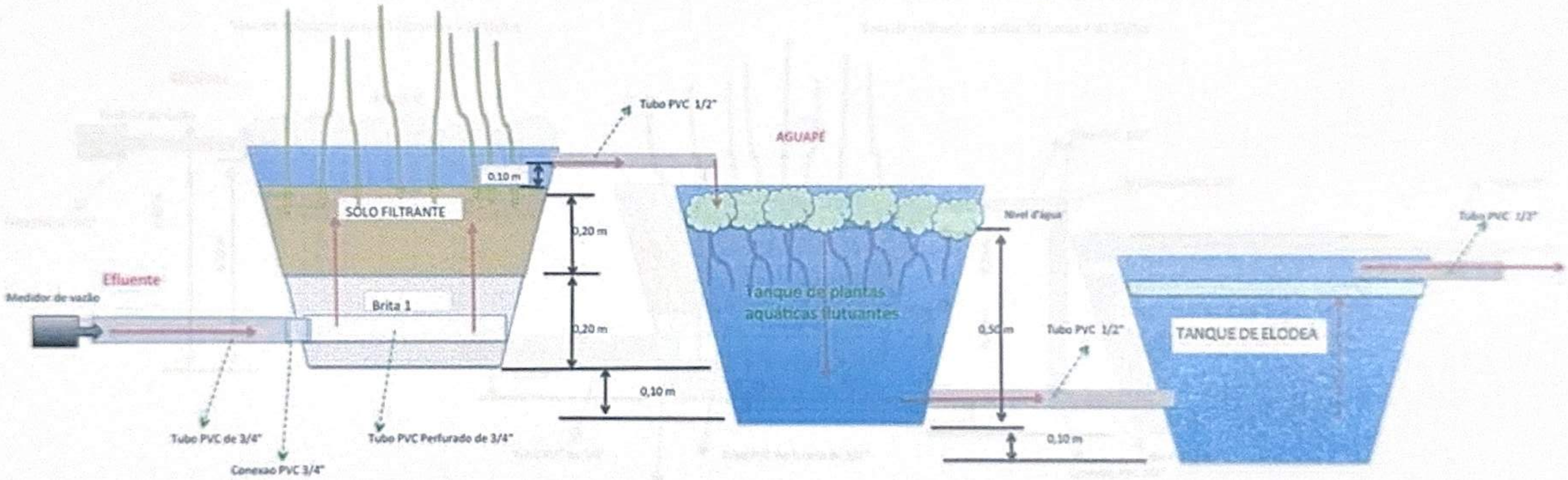


Figura 4: **Sistema de *wetlands* construídas elaborado por SALATI para esse projeto**

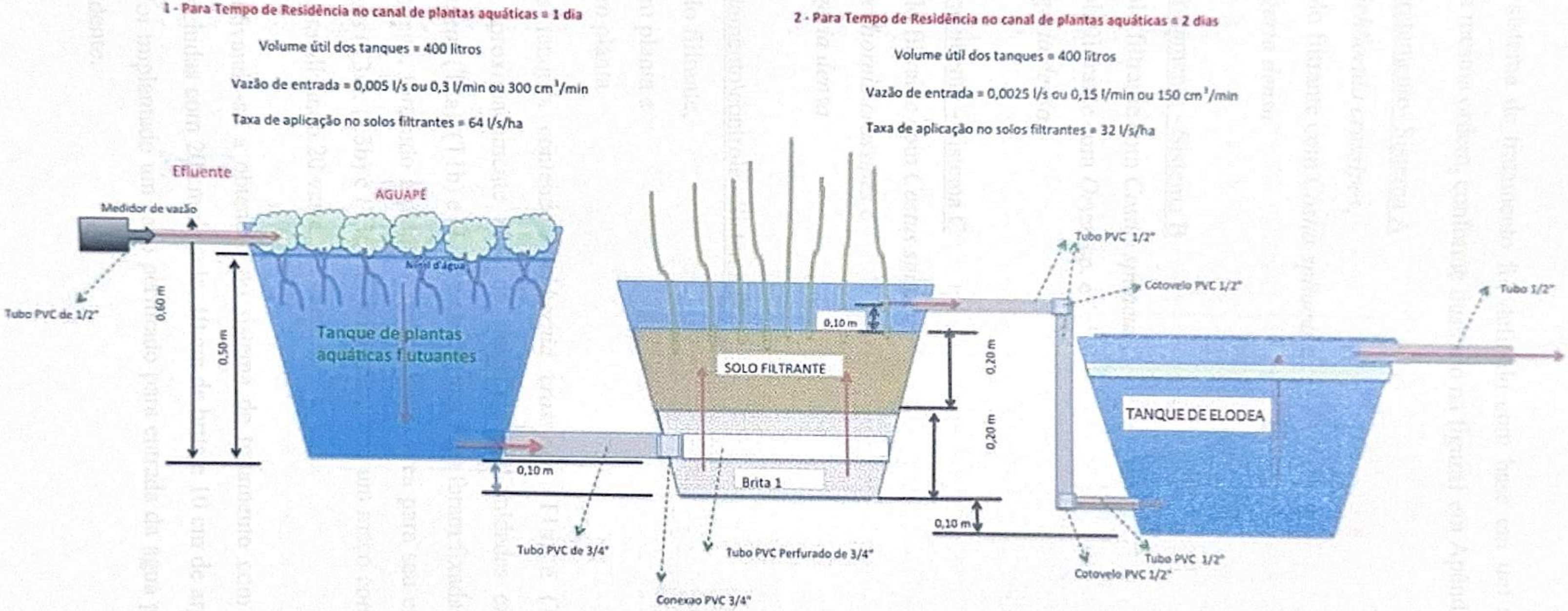


Figura 5: Sistema de *wetlands* construídas elaborado por SALATI para esse projeto.

O sistema de tratamento foi definido com base em um sistema contínuo com três tanques na mesma ordem, conforme ilustrado na figura1 em Apêndice:

Primeiro tratamento- Sistema A

(T1a) – *Eichhornia crassipes*,

(T2a) – solo filtrante com *Costus spitacus* e

(T3a) – *Egeria densa*

Segundo tratamento - Sistema B

(T1b) – solo filtrante com *Costus spitacus* ,

(T2b) – solo filtrante com *Oryza* sp. e

(T3b) – *Egeria densa*

Terceiro tratamento - Sistema C

(T1c) – solo filtrante com *Costus spitacus*,

(T2c) – *Eichhornia crassipes* e

(T3c) – *Egeria densa*

Quarto tratamento\controle - Sistema D

(T1d) – solo filtrante,

(T2d) – sem planta e

(T3d) – sem planta.

Nos tanques contendo *Eichhornia crassipes* (T1a) e (T2c) a biomassa inicial preencheu aproximadamente 80% da superfície das unidades experimentais. As plantas *Costus spitacus* (T2a), (T1b) e (T1c) e *Oryza sp.* (T2b) foram fixadas por estacas e por ramos, respectivamente, forçando a planta a ocupar maior área para seu crescimento. A fixação da *Egeria densa* (T3a), (T3b) e (T3c) foi feita colocando um maço com 20 ramos em cada vaso com pedras, totalizando 20 vasos por caixa.

Objetivando-se a obtenção do sistema de tratamento com solo filtrante, as caixas foram preenchidas com 20 cm de solo, 10 cm de brita e 10 cm de argila expandida. No fundo do tanque foi implantado um cano perfurado para entrada da água por baixo, para garantir o fluxo ascendente.

Algumas das etapas de construção das caixas de *wetlands* estão evidenciadas em Apêndice na figura 2.

5.1.2Área 2 - Propriedade particular, Sobradinho 2

A segunda fase deste estudo foi desenvolvida em tanques de piscicultura com recirculação de água em uma propriedade particular na área urbana de Sobradinho 2, que fica localizada no Condomínio Serra Azul de Sobradinho, em Brasília –DF, em uma área de 700 m^2.Neste local foi montado um sistema de aquaponia composto por seis tanques de alvenaria revestidos com fibra de vidro com capacidade de 2,7 mil litros cada, com sistema de recirculação de água e o tratamento de água feito por plantas aquáticas (DUARTE, 2015, p. 52).

a) Sistema de Recirculação

O sistema de recirculação foi construído com seis decantadores e filtros biológicos e doze canteiros confeccionados em tubos de Policloreto de polivinila (PVC) de dois metros cada. Para reposição da água do sistema os tanques foram conectados a uma caixa de fibra com capacidade de dez mil litros de água abastecida por captação de água da chuva. A figura que se segue mostra a área e forma de distribuição do projeto como um todo (DUARTE, 2015, p. 52).

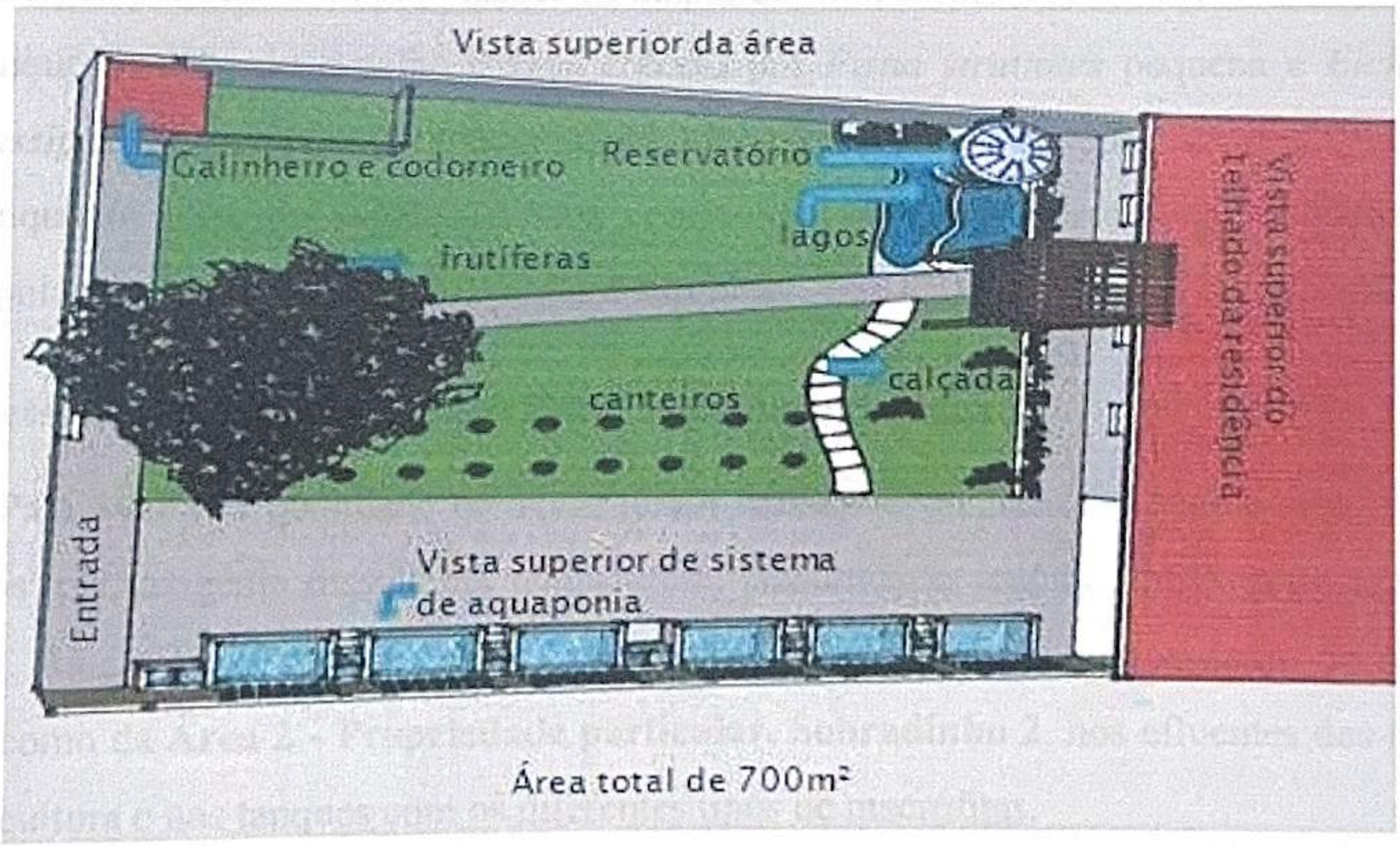


Figura 6: Representação de vista superior da área (Fonte: Duarte, 2015, p. 52).

b) Utilização de plantas aquáticas no tratamento de efluentes de tanques de piscicultura

O sistema é composto por 6 tanques de alvenaria revestidos com fibra de vidro, com capacidade de 2,7 mil litros cada. **O sistema é subdividido em dois subsistemas independentes, sendo os tanques 1, 2 e 3 interligados e o 4, 5 e 6 também**. Todos possuem plantas aquáticas de tipo ecológico flutuante como a *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*.

O detalhamento de cada tanque numerado de 1 a 6,explica como cada um era composto, em termos de cobertura do espelho d'água por plantas aquáticas e espécies de peixes, conforme ilustrado na figura 3 em Apêndice.

- Tanque 1: 98% do espelho d'água coberto por *Pistia stratiotes* com população de tilápia-do-nilo;
- Tanque 2: 100% do espelho d'água coberto por *Pistia stratiotes*. com população de tilápia-do-nilo;
- Tanque 3: 80% do espelho d'água coberto por *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes* pequenas com população de tilápia-do-nilo;
- Tanque 4: 80% do espelho d'água coberto por *Pistia stratiotes* pequena e *Eichhornia crassipes* pequena com populações de tilápia-do-nilo, carpas e surubins;
- Tanque 5: 65% do espelho d'água coberto por *Pistia stratiotes* pequena e *Eichhornia crassipes* pequena com populações de tilápia-do-nilo, carpas e surubins;
- Tanque 6: 70% do espelho d'água coberto por *Eichhornia crassipes* pequenas com populações de tilápia-do-nilo, carpas e surubins.

5.2 Coleta e análise de parâmetros físicos e químicos da água

Para avaliar a qualidade da água, foram realizadas análises dos parâmetros físicos e químicos: pH, oxigênio dissolvido, temperatura, alcalinidade, amônia, nitrito e transparência da água. As análises foram realizadas semanalmente em diversos pontos, tanto da **Área 1- NUPA** como da **Área 2 - Propriedade particular, Sobradinho 2**, nos efluentes dos tanques de piscicultura e nos tanques com os diferentes tipos de macrófitas.

Em Apêndice na figura 4, demonstra as etapas das análises.

Na **Área 2,** foi realizada uma **Variação Nictemeral**, que consiste em uma investigação realizada durante 24 horas, quando se fez a medição das variáveis a cada duas horas.

5.2.1 pH

Foi determinado o pH da água dos tanques da Área 1, através da utilização de um pHmetro portátil, o INSTRUTHERM pH-1700. Na Área 2 foi pela utilização do kit.de química **pH do Planeta** distribuído pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e pelo aparelho pHmetro portátil o AT-315. As medidas foram tomadas na subsuperfície de cada tanque.

5.2.2 Oxigênio Dissolvido – OD (mgO_2/L) e Temperatura (°C)

Na Área 1, a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura foram determinados utilizando-se um Oxímetro 160, em três profundidades (10cm, 20cm e 30cm) e na subsuperfície nos tanques com solos filtrantes. Na Área 2, a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram tomadas na superfície e no fundo de cada tanque.

5.2.3 Alcalinidade, Nitrito e Amônia

Para determinação da alcalinidade e das concentrações de nitrito e de amônia, foram coletadas amostras de água em todos os tanques das duas áreas estudadas e, em laboratório do NUPA, utilizou-se o kit técnico de Água Doce ACQUAcombo da Alfakit, seguindo os procedimentos descritos a seguir.

- Alcalinidade: Para cada 10 ml da amostra foi adicionada uma gota do reagente 2, agitado e gotejado com a ajuda de uma seringa o reagente 3 até o ponto de viragem da coloração azul para salmão, o resultado é o volume gasto na seringa equivalente à concentração de $CaCO_3$ $mg.L^{-1}$. Essa análise só feita nos tanques de *wetlands* do NUPA.
- Nitrito: Para cada 5ml da amostra foram adicionadas duas gotas do nitrito 1, agitada e adicionadas duas gotas do nitrito 2, agitada e aguardando-se 10 minutos para comparar com a cor da tabela para obtenção do resultado da concentração de nitrito em $mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$.
- Amônia: Para cada 5ml da amostra foram adicionadas duas gotas do amônia indotest 1, agitada e adicionadas duas gotas da amônia indotest 2, agitada e adicionadas duas gotas da amônia indotest 3, aguardando-se 10 minutos para comparar com a cores da tabela para obtenção do resultado da concentração de nitrito em $mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$.

5.2.4 Transparência da água (cm)

A transparência da água foi determinada utilizando a profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi do kit técnico de Água Doce ACQUAcombo da Alfakit.

A leitura foi feita mergulhando o disco de Secchi até não ser possível vê-lo pela perpendicular, em seguida anotada a profundidade. Essa análise foi feita apenas nos tanques de piscicultura na residência de Sobradinho 2.

Figura 7: A, B, C, D, E e F, respectivamente a variação de pH, Alcalinidade (mg.L^{-1} $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido (mg O_2.L^{-1}), Amônia (mg.L^{-1} N-NH_3), Temperatura e Nitrito (mg.L^{-1} N-NO_2) no Sistema A.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Parâmetros físicos e químicos da água

6.1.1 Área 1 - NUPA

Foram determinados alguns parâmetros físicos e químicos da água que chega aos tanques de criação de peixes, da água residuária que sai desse sistema e adentra ao sistema de *wetlands* construídas e em cada sistema (A, B, C e D) individualmente.

Os resultados dos sistemas estão representados nas figuras a seguir e nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 em Apêndice.

Sistema A

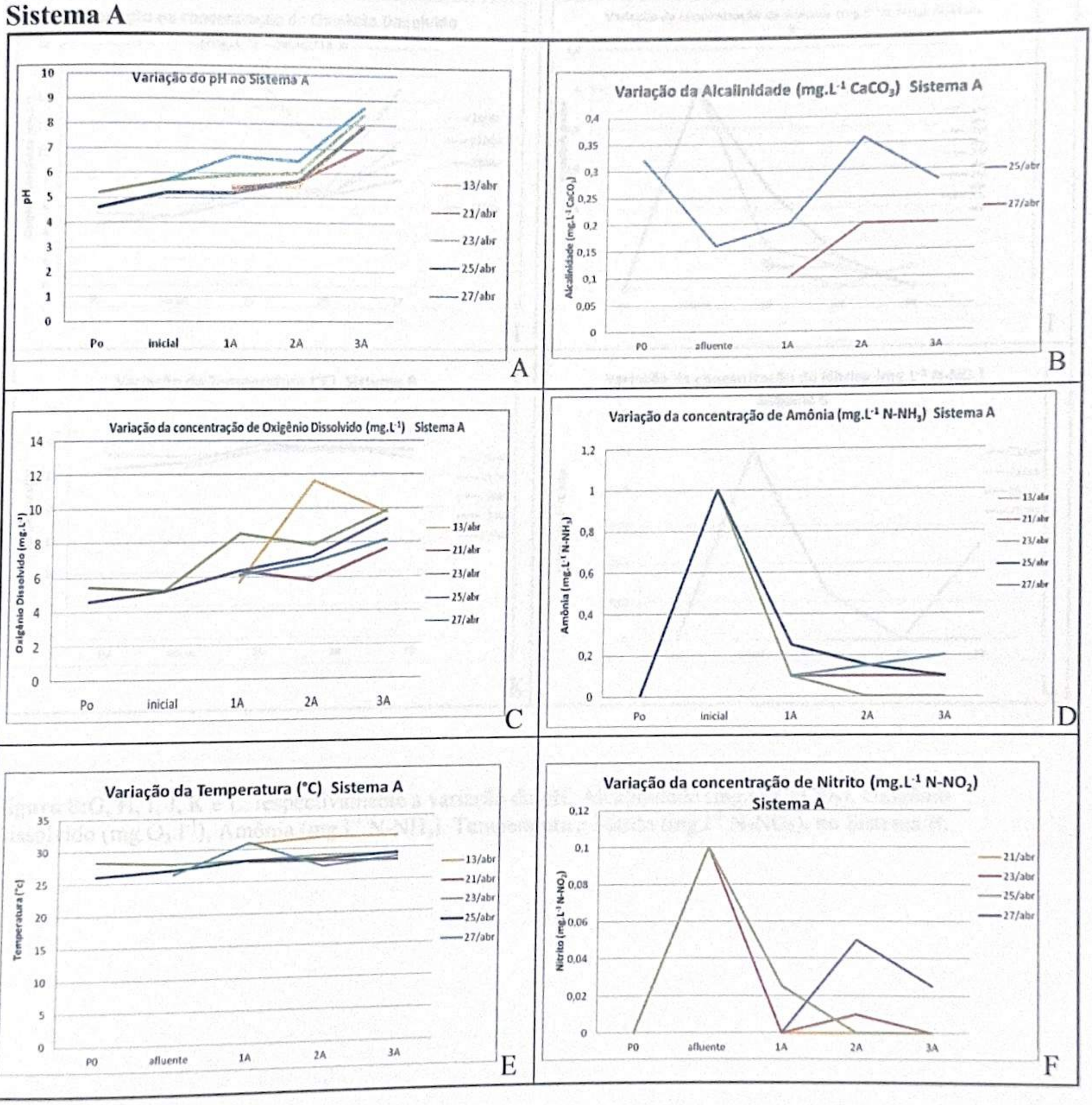
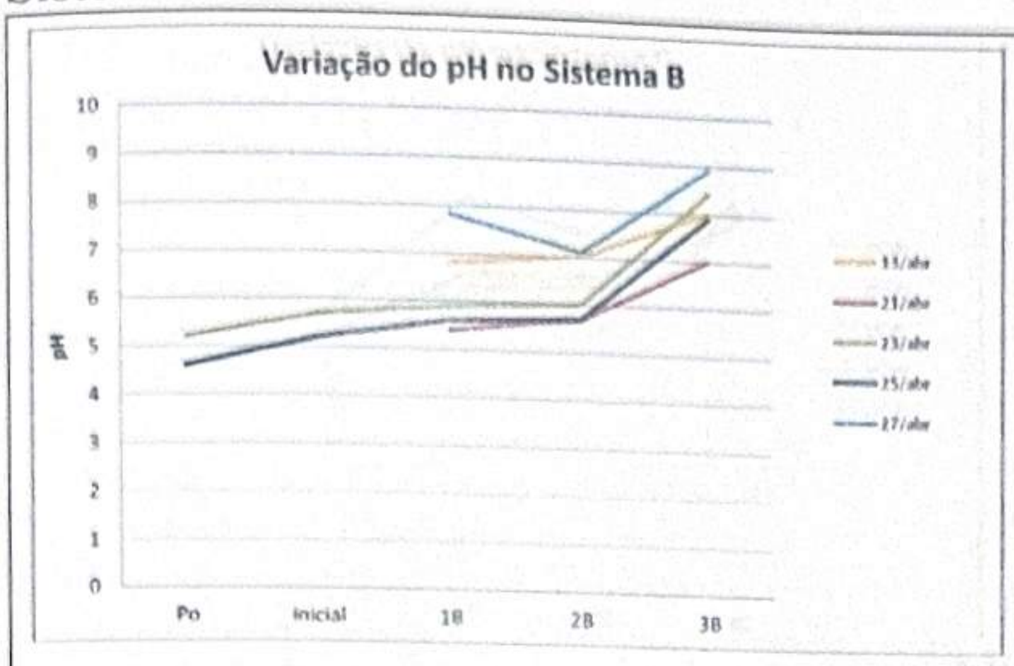
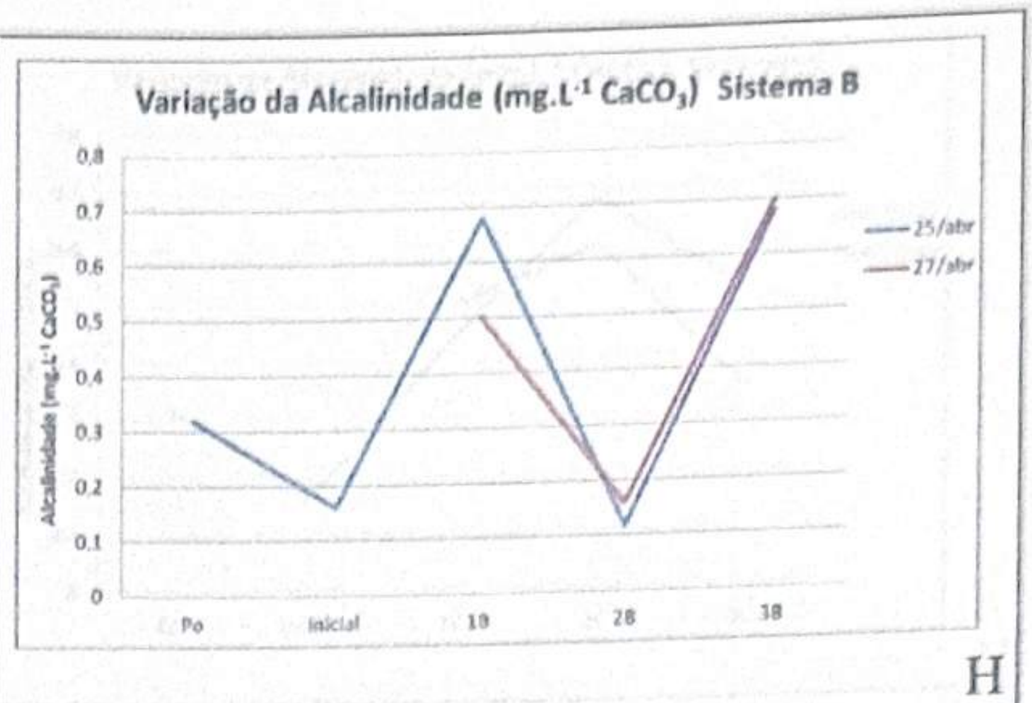


Figura 7: A, B, C, D, E e F, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade (mg.l^{-1} $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido (mg O_2.l^{-1}), Amônia (mg.l^{-1} N-NH_3), Temperatura e Nitrito (mg.l^{-1} N-NO_2), no Sistema A.

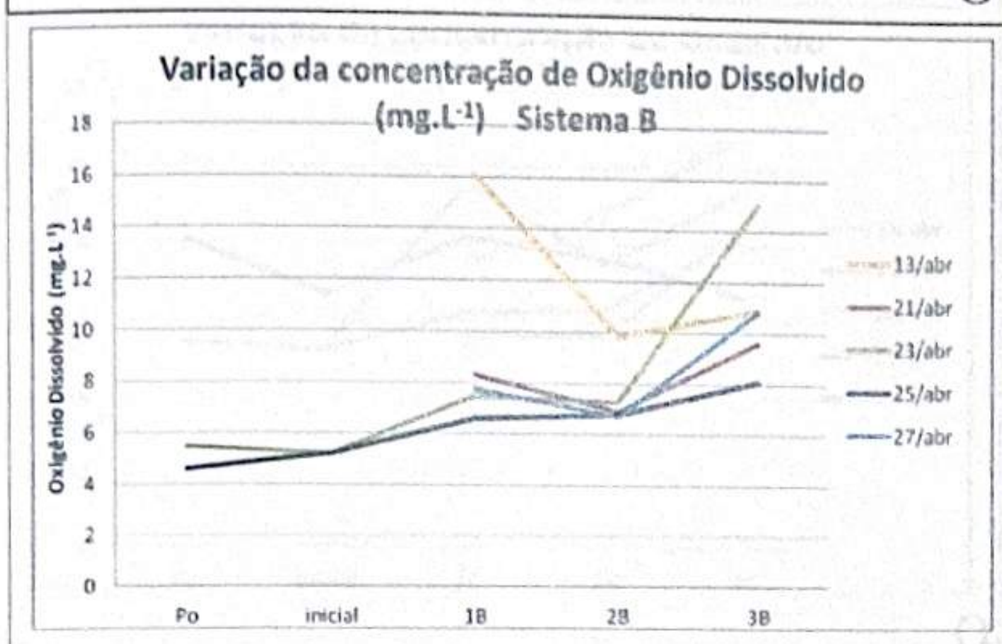
Sistema B



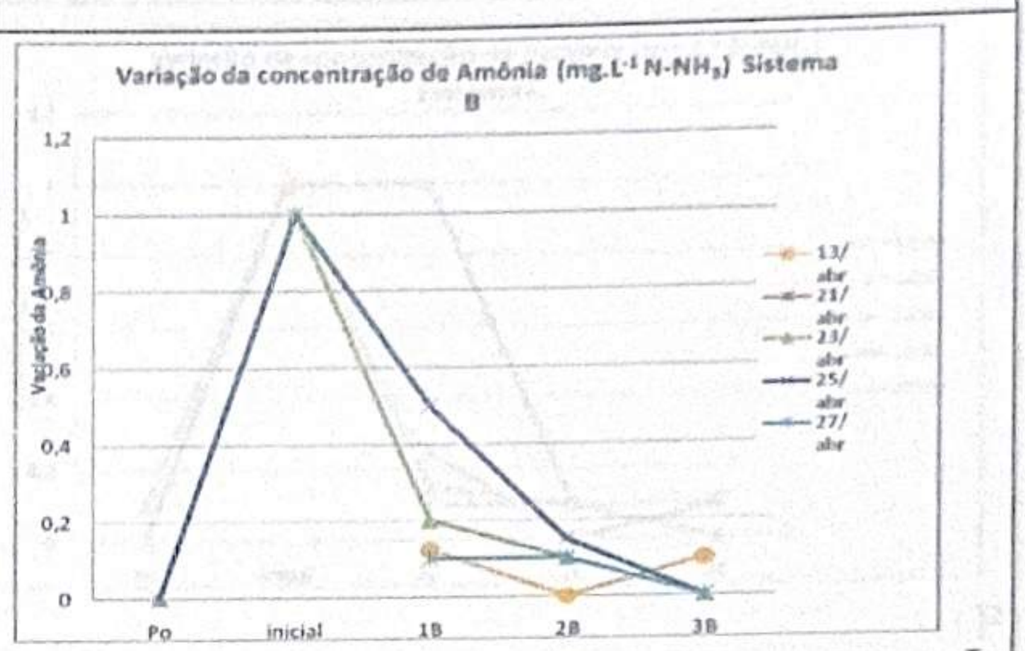
G



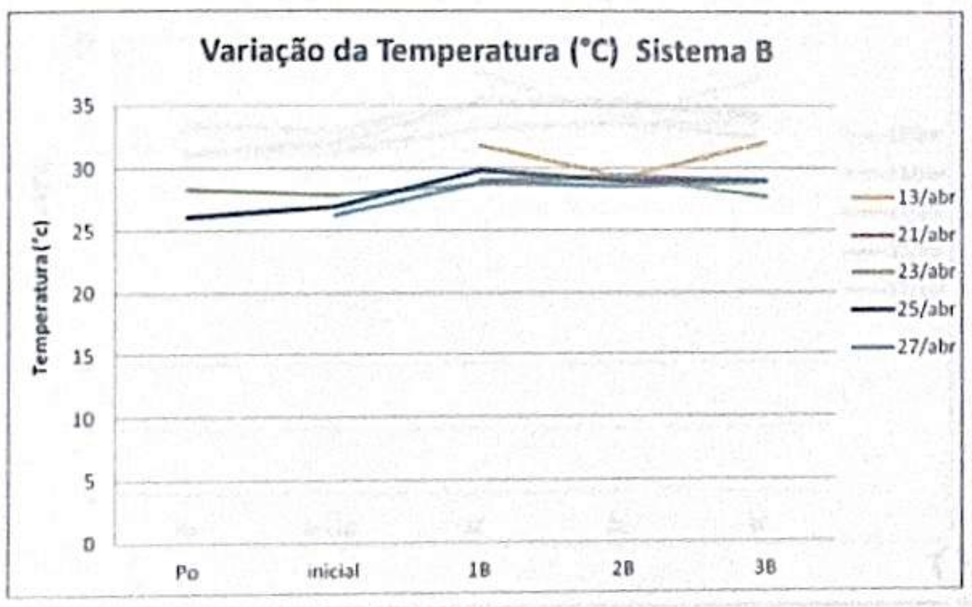
H



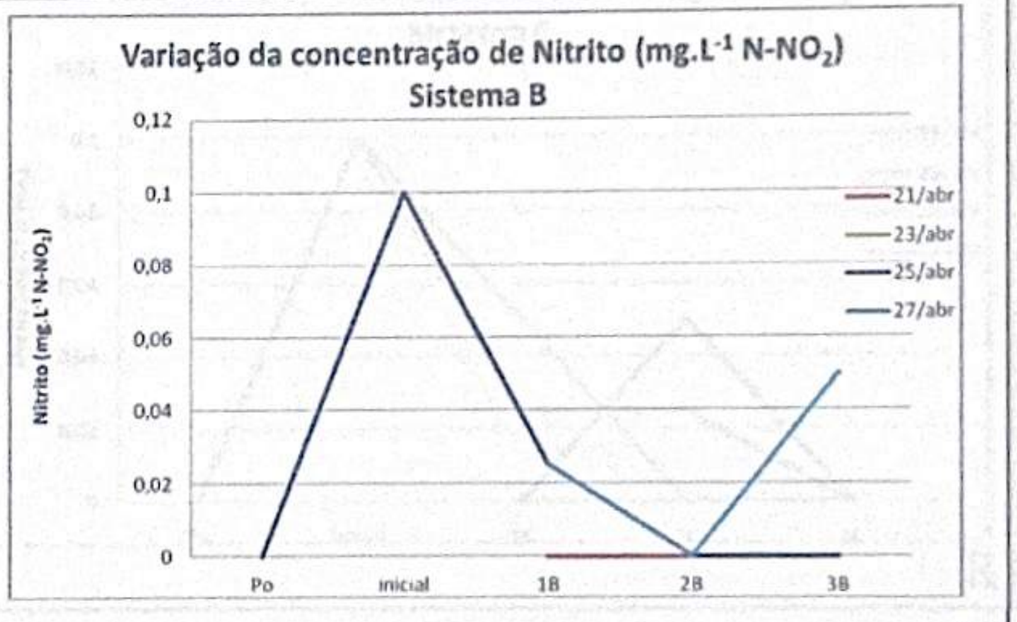
I



J



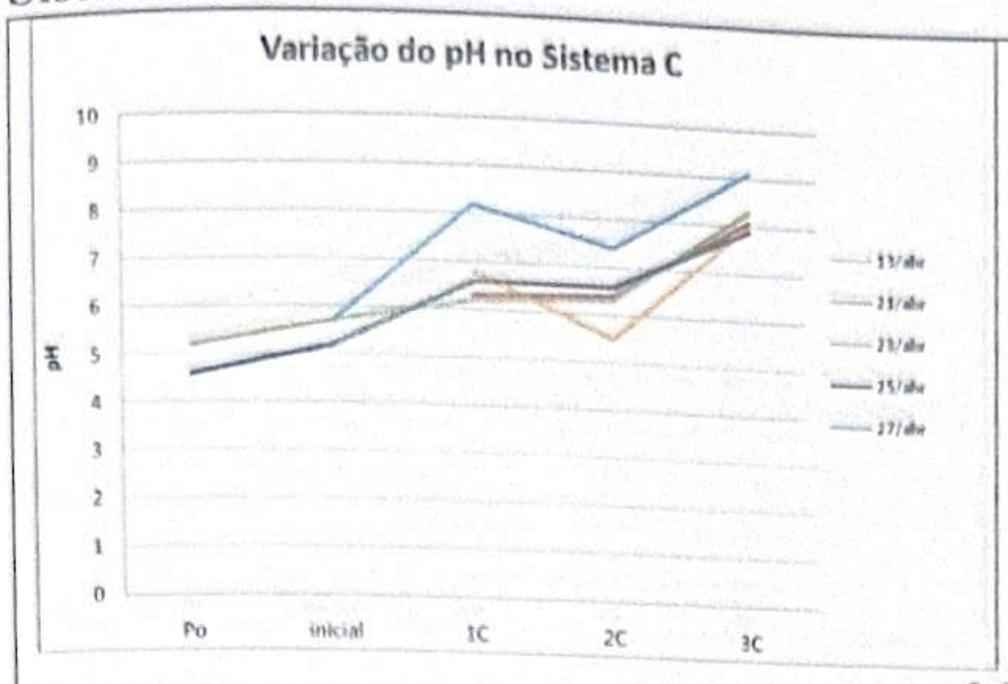
K



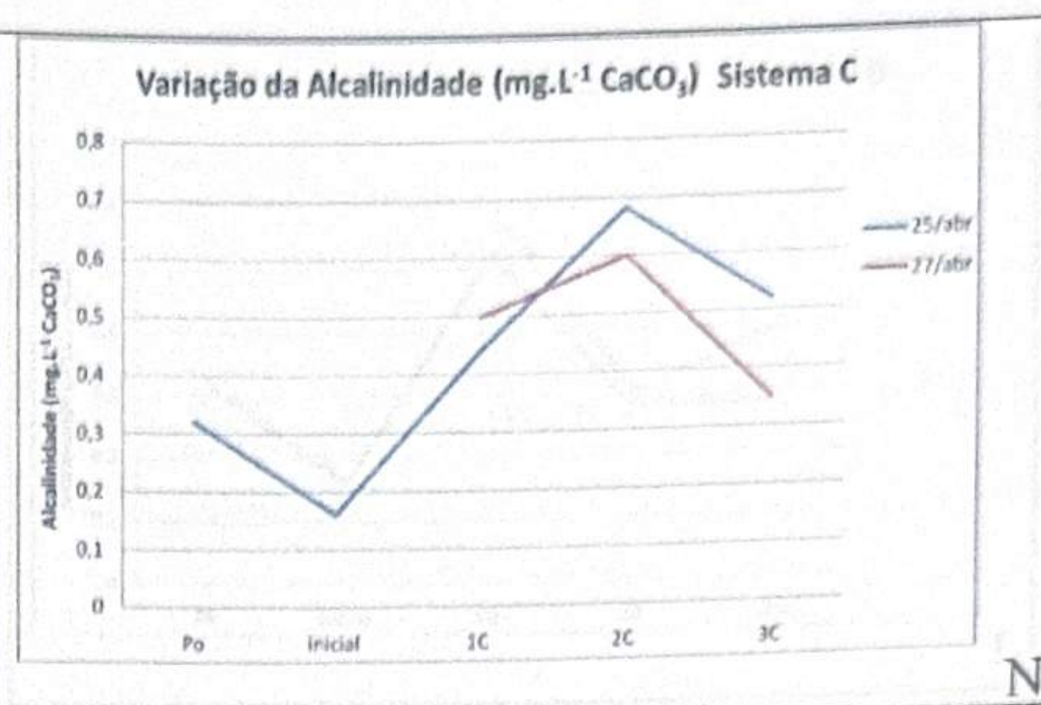
L

Figura 8:G, H, I, J, K e L, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade (mg.l^{-1} $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido (mg O_2.l^{-1}), Amônia (mg.l^{-1} N-NH_3), Temperatura e Nitrito (mg.l^{-1} N-NO_2), no Sistema B.

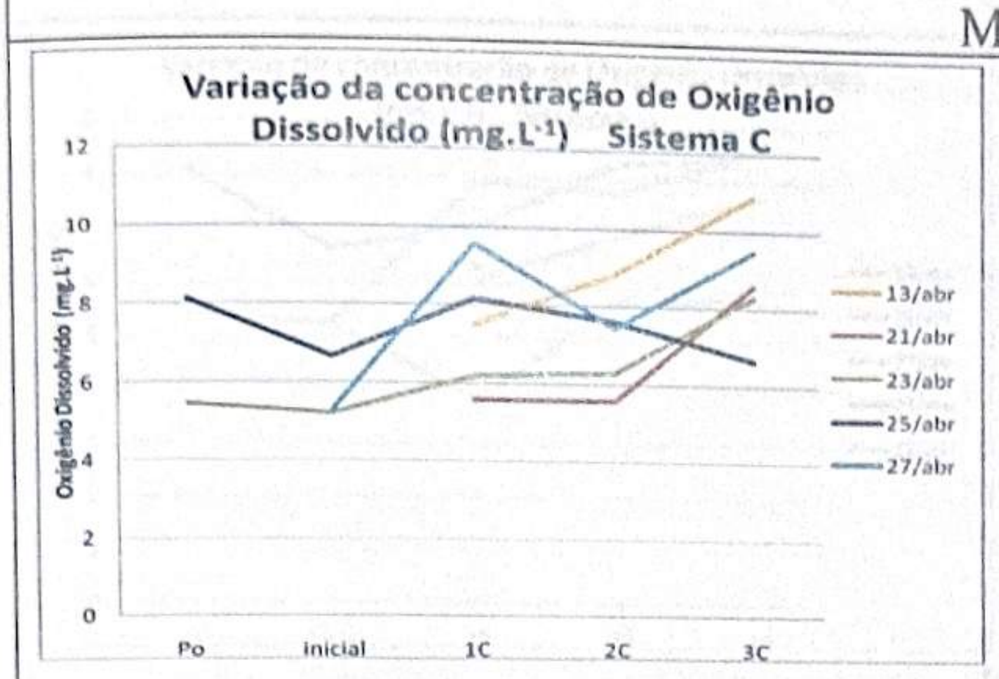
Sistema C



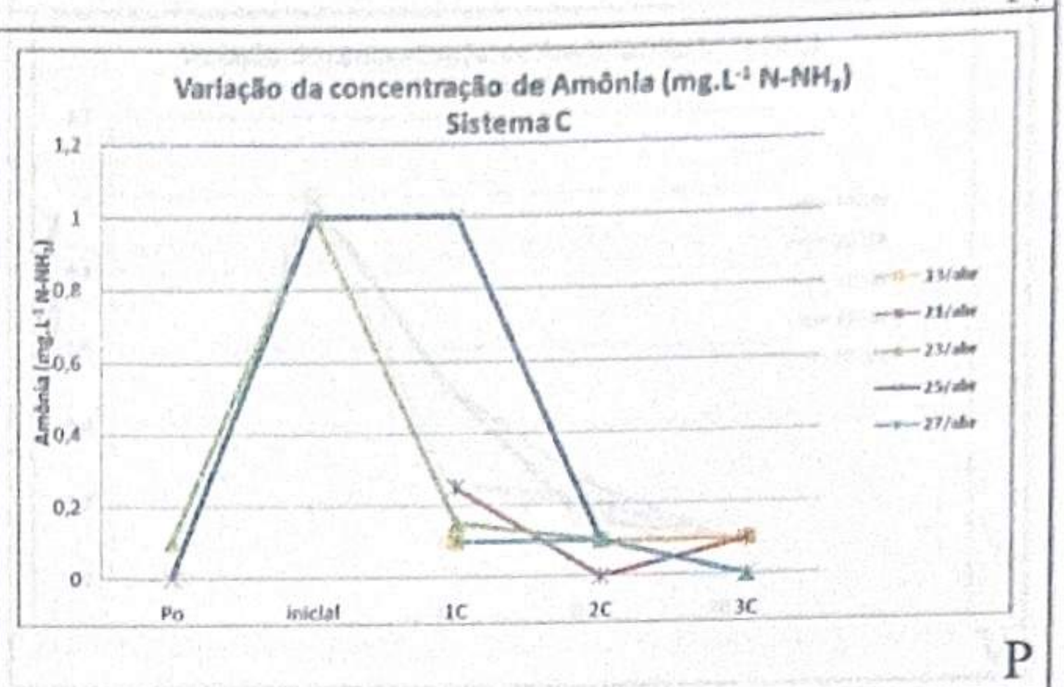
M



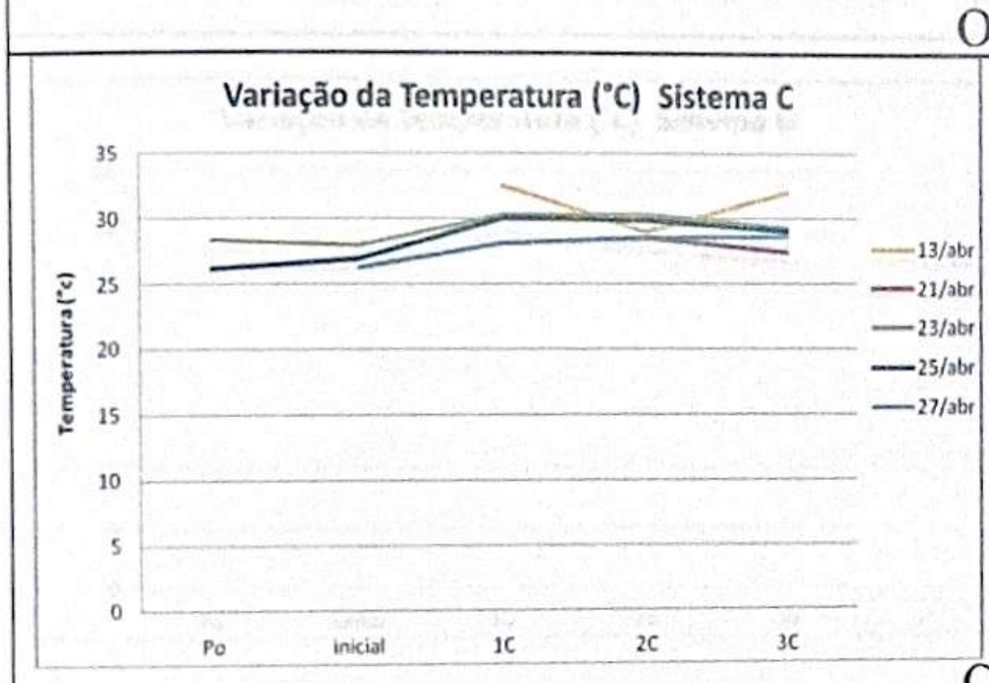
N



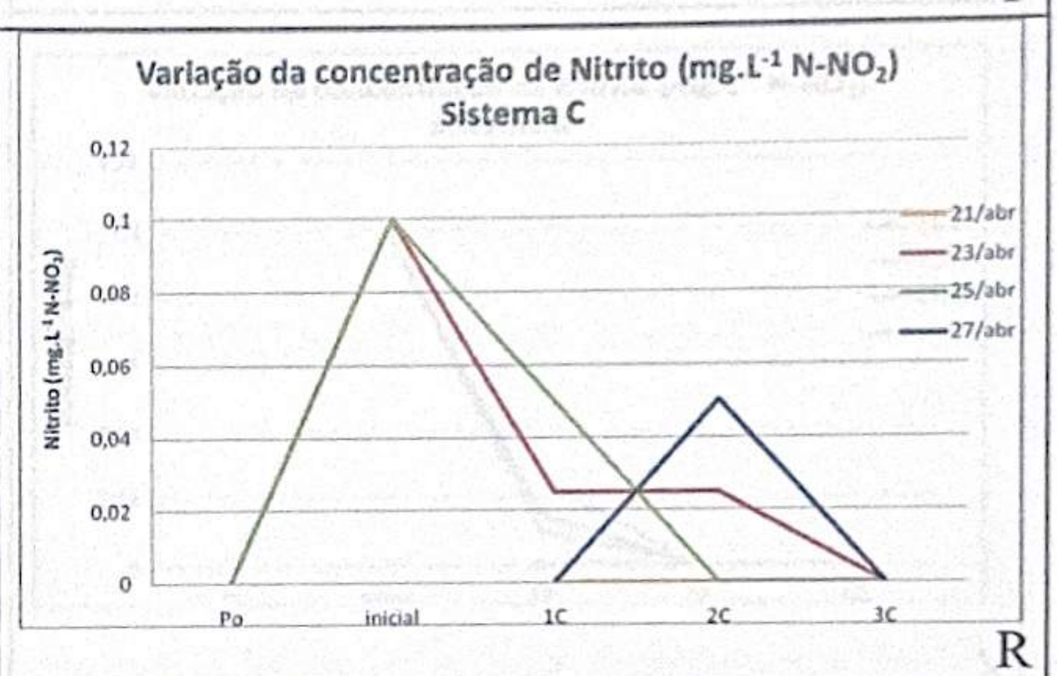
O



P



Q



R

Figura 9: M, N, O, P, Q e R, respectivamente a variação do pH, Alcalinidade (mg.l^{-1} $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido (mg O_2.l^{-1}), Amônia (mg.l^{-1} N-NH_3), Temperatura e Nitrito (mg.l^{-1} N-NO_2), no Sistema C.

Sistema D

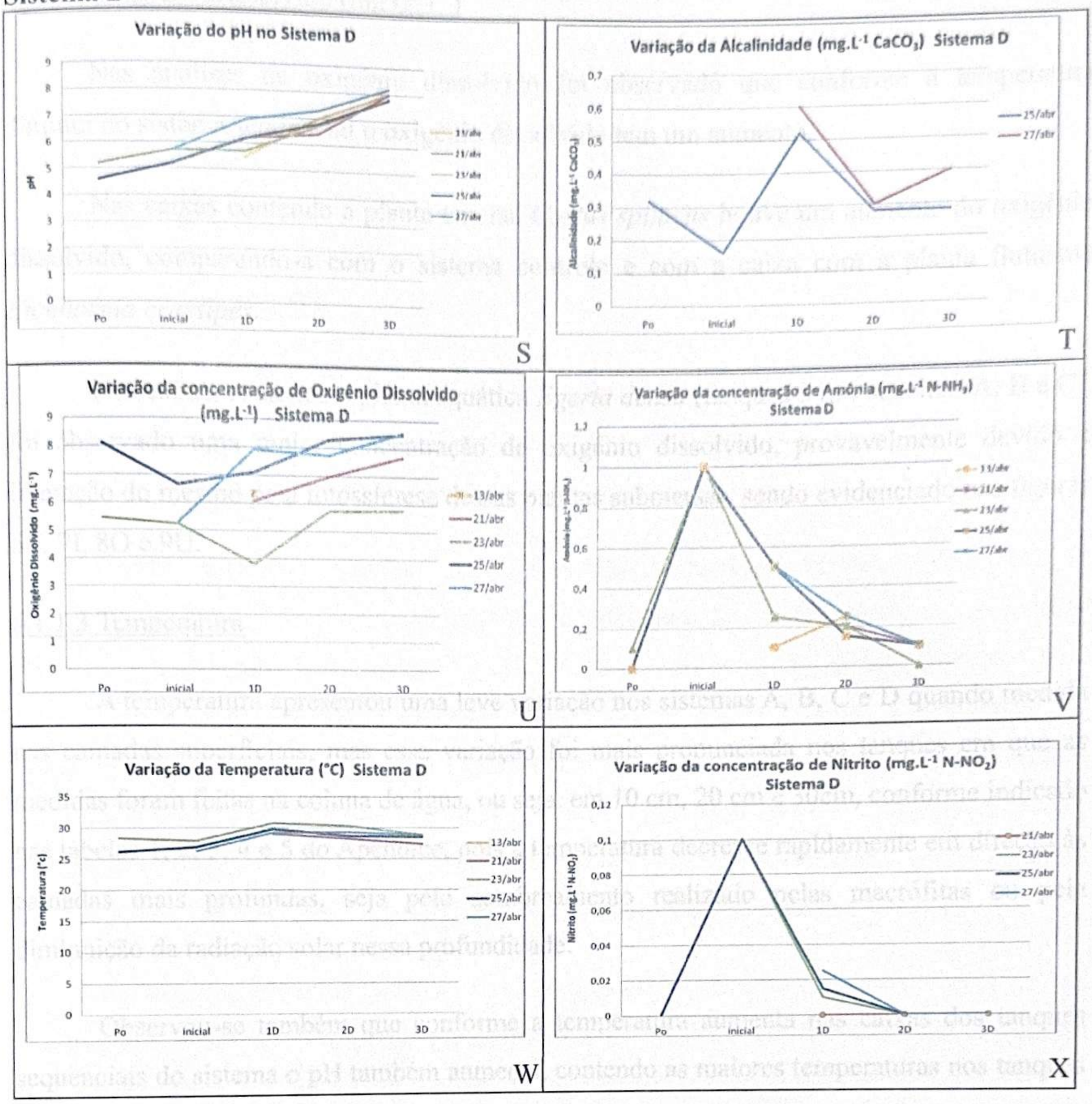


Figura 10: S, T, U, V, W e X, Respectivamente a variação do pH, Alcalinidade ($mg.l^{-1}$ $CaCO_3$), Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.l^{-1}$), Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$), Temperatura e Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$), no Sistema D.

6.1.1.1 pH

O pH apresentou uma pronunciada variação em todos os sistema, mas exibiu um padrão bem claro que foi a elevação ao longo dos tanques, sendo mais ácido nos tanques 1 nos Sistemas A, B, C e D e mais alcalinos nos tanques 3, conforme evidenciado nas figuras 6A, 7G e 8M.

6.1.1.2 Oxigênio Dissolvido (mg $O_2 \cdot l^{-1}$)

Nas análises de oxigênio dissolvido foi observado que conforme a temperatura diminui no sistema sequencial o oxigênio dissolvido tem um aumento.

Nas caixas contendo a planta emersa *Costus spitacus* houve um aumento do oxigênio dissolvido, comparando-a com o sistema controle e com a caixa com a planta flutuante *Eichhornia crassipes*.

Nas caixas contendo a planta aquática *Egeria densa* (tanques 3 nos sistemas A, B e C), foi observado uma maior concentração de oxigênio dissolvido, provavelmente devido a liberação do mesmo pela fotossíntese dessas plantas submersas, sendo evidenciado nas figuras 6C, 7I, 8O e 9U.

6.1.1.3 Temperatura

A temperatura apresentou uma leve variação nos sistemas A, B, C e D quando medida nas camadas superficiais, mas essa variação foi mais pronunciada nos tanques em que as medidas foram feitas na coluna de água, ou seja, em 10 cm, 20 cm e 30cm, conforme indicado nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 do Apêndice, pois a temperatura decresce rapidamente em direção às camadas mais profundas, seja pelo sombreamento realizado pelas macrófitas ou pela diminuição da radiação solar nessa profundidade.

Observou-se também que conforme a temperatura aumenta nas caixas dos tanques sequenciais do sistema o pH também aumenta, contendo as maiores temperaturas nos tanques 3 nos sistemas A, B, C e D e conforme as figuras 6E, 7K , 8Q e 9W.

6.1.1.4 Alcalinidade (mg.l^{-1} $CaCO_3$)

A alcalinidade oscilou durante o sistema e percebe-se uma queda da alcalinidade nos Sistemas de tratamento 3 A, C e D, conforme representado pelas figuras 6B, 8N e 9T.

6.1.1.5 Amônia (mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$)

A concentração de amônia foi mais elevada no ponto inicial do sistema, o que é coerente, pois é um dos principais compostos resultante da decomposição da matéria orgânica e das excretas dos peixes e conforme a água foi passando pelos tanques sequencias de

tratamento o teor de amônia diminuiu, sendo observadas nos tanques 3 nos Sistemas A, B, C e D e conforme as figuras: 6D, 7J, 8P e 9V.

6.1.1.6 Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$)

O nitrito chega ao sistema de tratamento elevado e conforme mostrado pelos pontos inicias, conforme passa pelo sistema há uma redução de concentração do mesmo, de acordo com as figuras 7L, 8R e 9X.

Esses resultados são preliminares, mas corroboram as informações existentes na literatura, ainda escassa sobre esse tema, conforme elucidado por Henry-Silva, Camargo (2008) que realizaram uma revisão sobre o tema.

Outros trabalhos citados por Henry-Silva, Camargo (2008), evidenciam a possibilidade do uso das diversas espécies e diferentes tipos ecológicos de macrófitas aquáticas em sistemas de tratamento de criação de peixes, como o realizado por NG *et al.* (1990) *apud* Henry-Silva, Camargo, 2008, em que verificaram a remoção de aproximadamente 25% das formas nitrogenadas (N-amoniacal, N-nitrito e N-nitrato) por *Elodea densa*, cultivada em um sistema com efluentes provenientes de uma criação de peixes ornamentais, o que reforça os resultados desta pesquisa ao demonstrar que a utilização dessa mesma planta ocasionou uma elevação do oxigênio dissolvido na água dos tanques.

Foi possível observar que nas caixas iniciais com utilização da planta emersa *Costus spitacus* houve um aumento do oxigênio dissolvido, o que também foi observado nas caixas finais com a planta *Egeria densa*, o que é muito bom para o sistema pois como o sistema é de água de recirculação, ao retornar para as caixas de criação de peixes, a água apresenta uma maior concentração de oxigênio dissolvido.

Outros autores (Schwartz, Boyd, 1995 *apud* Henry-Silva, Camargo, 2008) verificaram a eficiência de um sistema construído de dois alagados arranjados em série utilizando macrófitas emersas (*Scirpus californicus*, *Zizaniopsis miliacea*e, *Panicum hemitomon*) no tratamento de efluentes de *Ictalurus punctatus* (bagre de canal), em que o sistema como um todo removeu de 1-81% de N-amoniacal; 43-98% de N-nitrito; 51-75% do nitrogênio total; 45-61% do fósforo total e 75-87% dos sólidos em suspensão, o que também foi verificado nessa pesquisa, com o melhoramento da qualidade da água ao final do tratamento pelas *wetlands* construídas.

Em outro trabalho, Henry-Silva, Camargo (2006) verificaram a eficiência das macrófitas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* na remoção de fósforo total (82,0 e 83,3%, respectivamente) e nitrogênio orgânico total (46,1 e 43,9%, respectivamente) no tratamento de efluentes de viveiro de criação de *O. niloticus*.

6.1.2 **Área 2 - Propriedade particular, Sobradinho 2**

Na Área 2, foram realizadas análises intensivas durante 24 horas, em uma variação nictemeral e também análises periódicas. Os resultados da variação dos parâmetros físicos e químicos desse sistema durante a variação nictemeral são representados nas figuras 10, 12, 13, 16, 17, 20, 22 e 24 a seguir, também foram realizadas análises da variação diária dos mesmos parâmetros físicos e químicos, com coletas feitas nos seguintes dias e horas: 08 de outubro às 13:00h da tarde; 14 de outubro às 19:29h da noite; 17 de outubro às 08:40h da manhã. As figuras 11, 14, 15, 18, 19, 21, 23 e 25 representam esses resultados.

Os resultados dos sistemas estão representados nas figuras a seguir e nas tabelas 6, 7, 8, 9,10, 11, 12, 13, 14, 15,16, 17, 18, 19 e 20 em Apêndice.

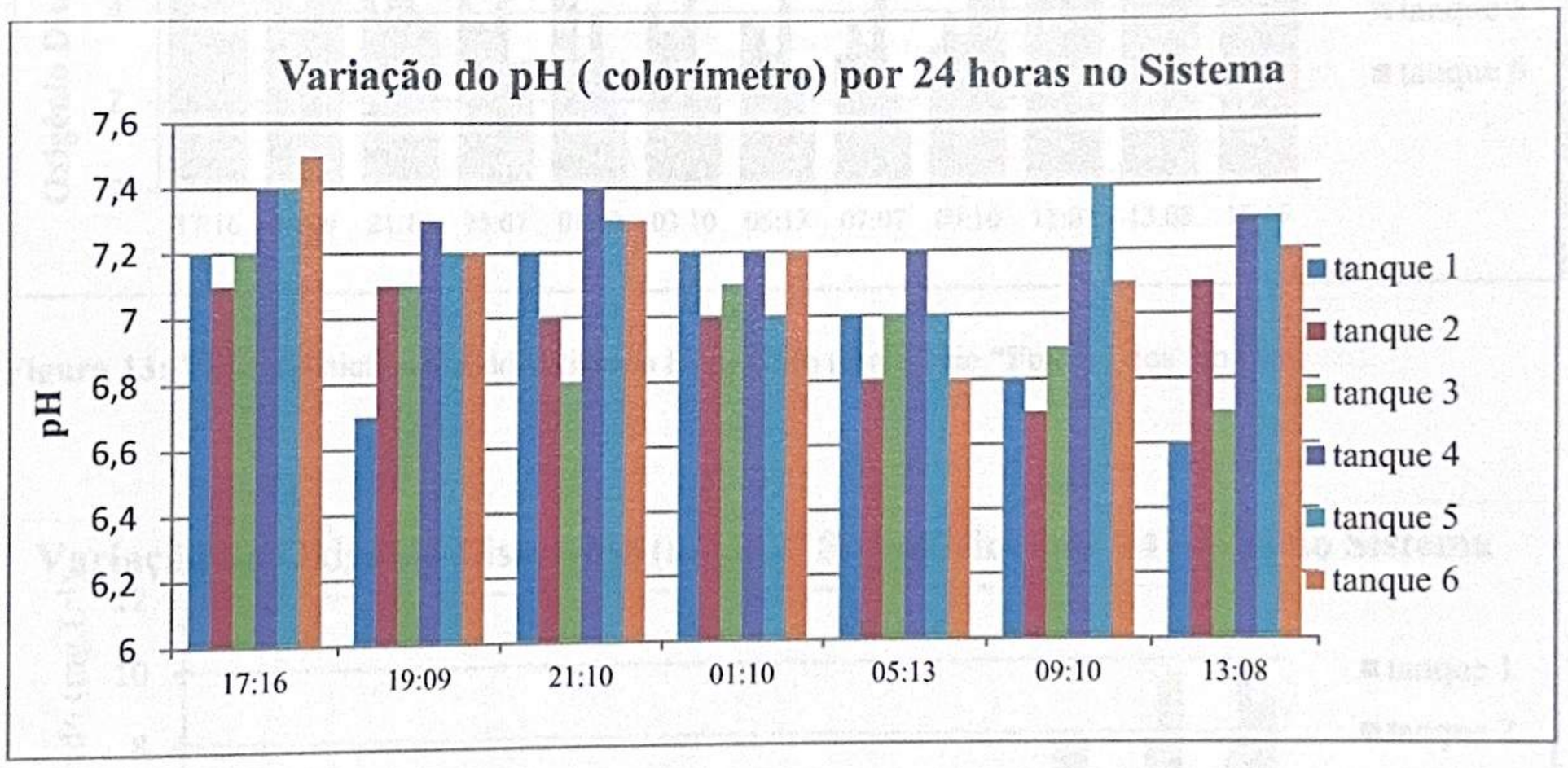


Figura 11: Variação nictemeral do pH

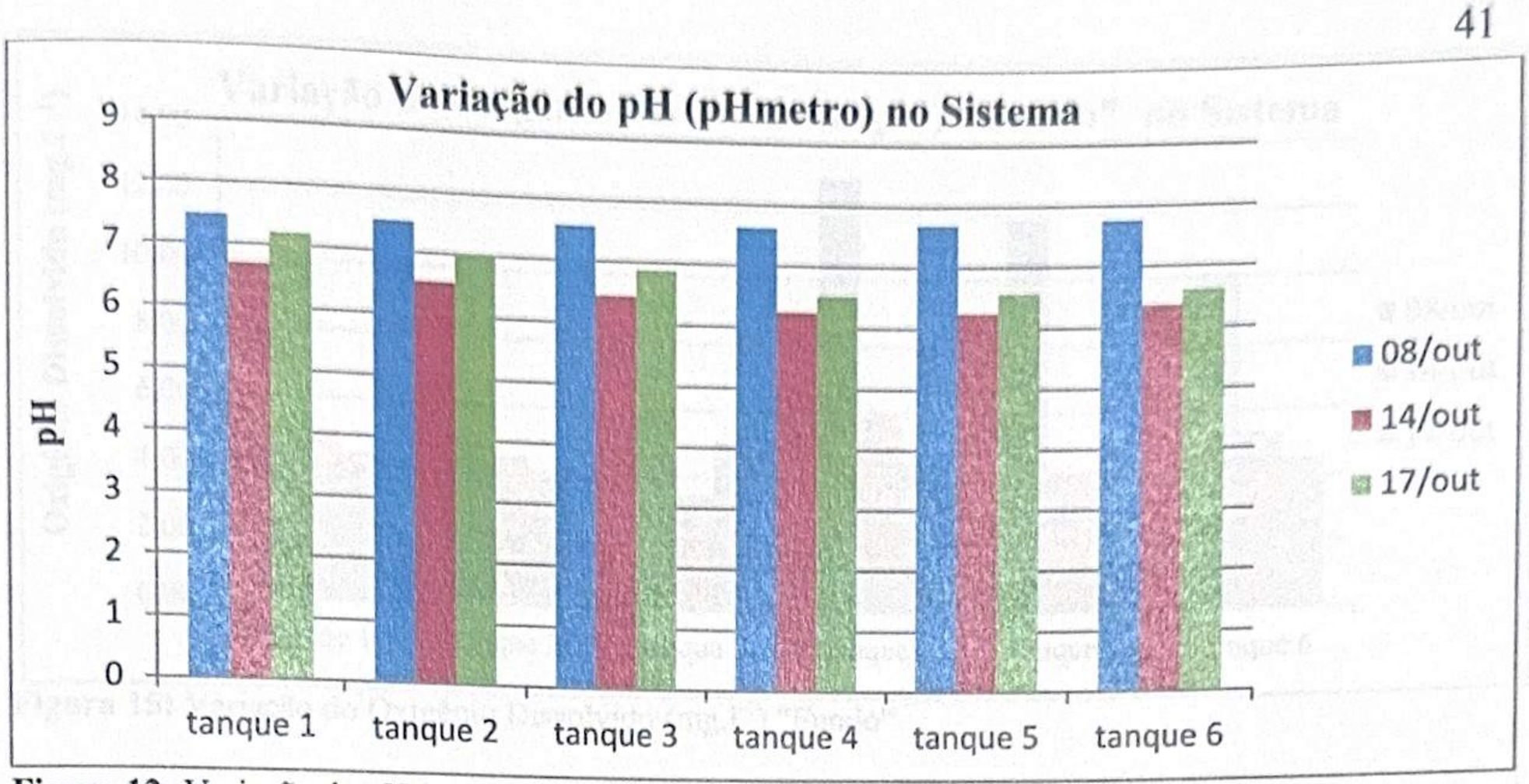


Figura 12: Variação do pH

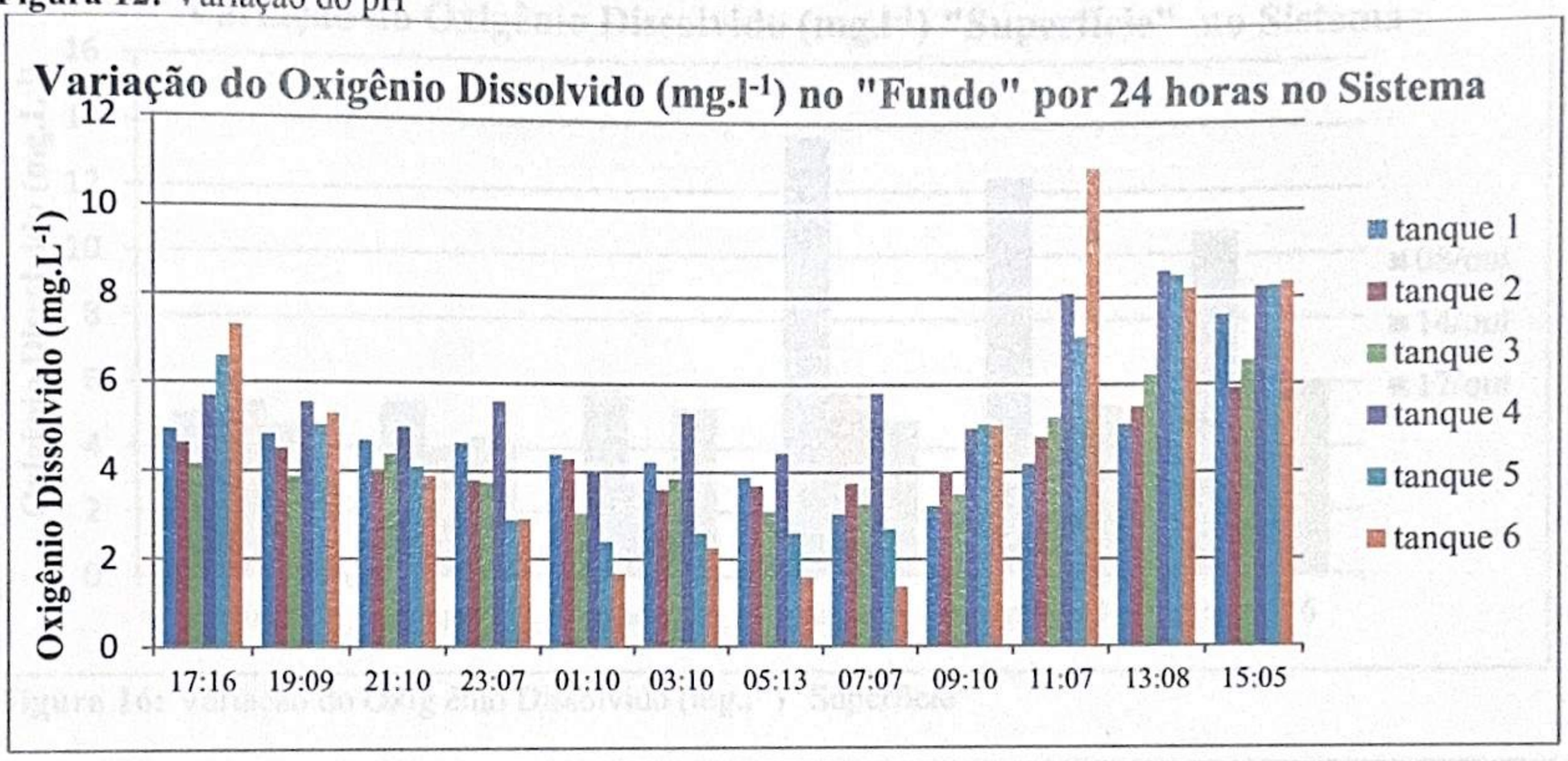


Figura 13: Variação nictemeral do Oxigênio Dissolvido (mg.l^{-1}) no "Fundo" dos tanques.

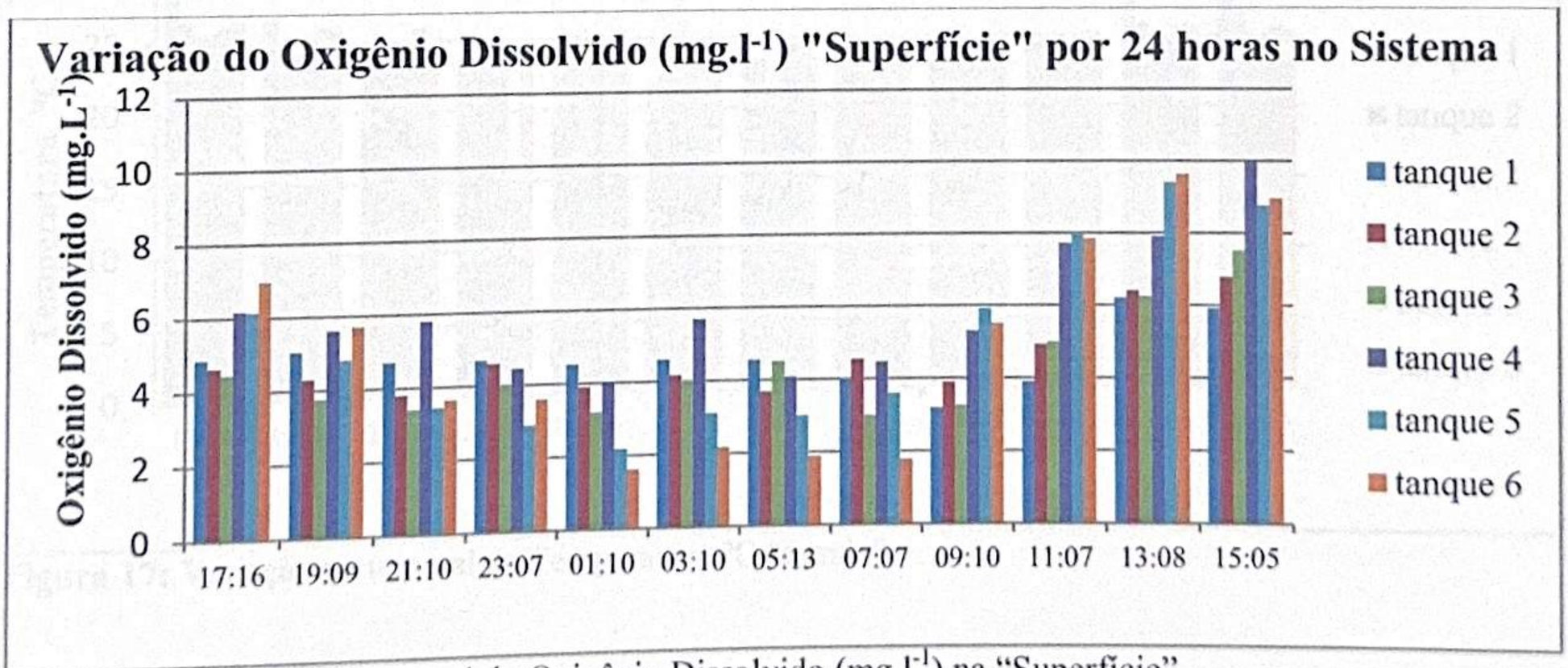


Figura 14: Variação nictemeral do Oxigênio Dissolvido (mg.l^{-1}) na "Superfície"

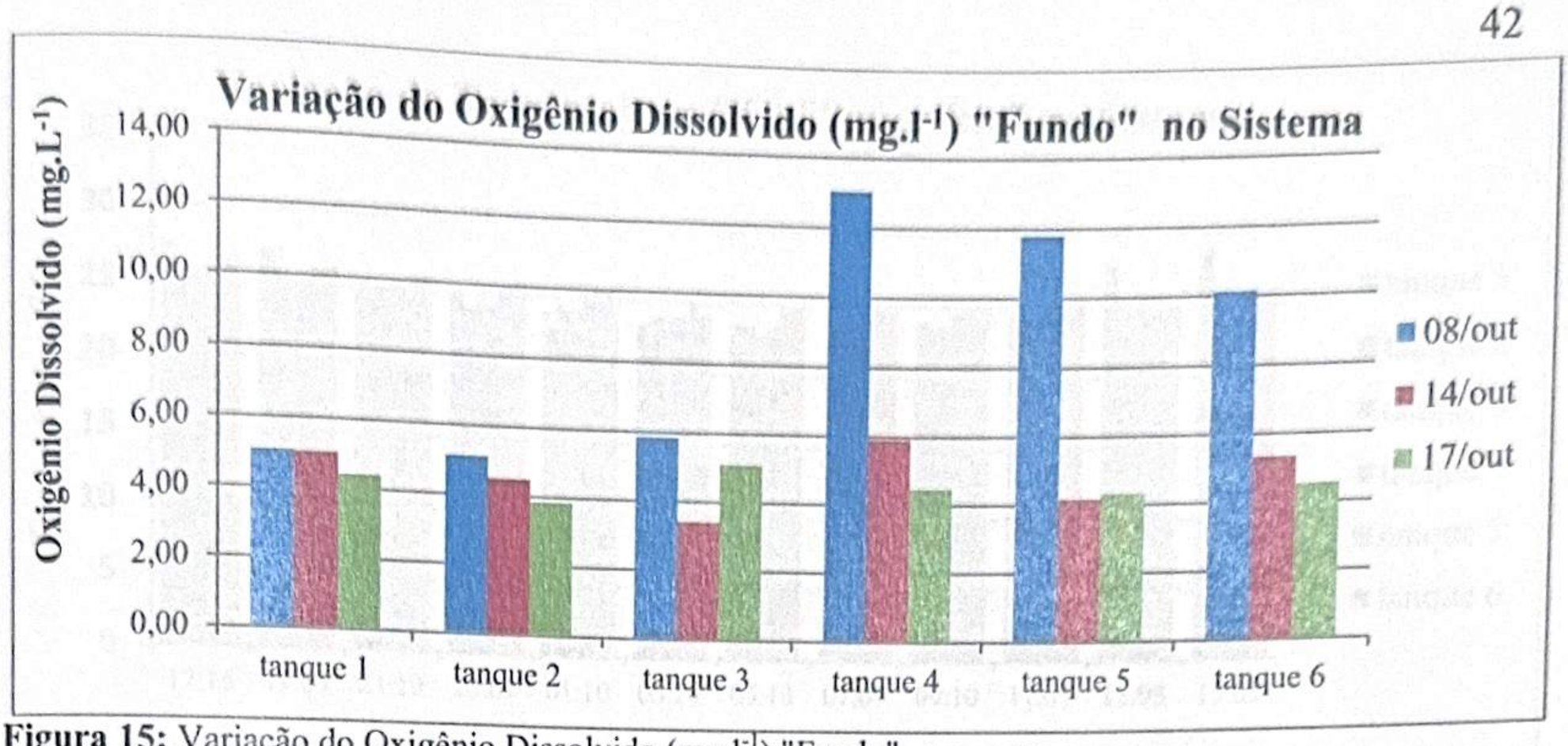


Figura 15: Variação do Oxigênio Dissolvido (mg.l^{-1}) "Fundo"

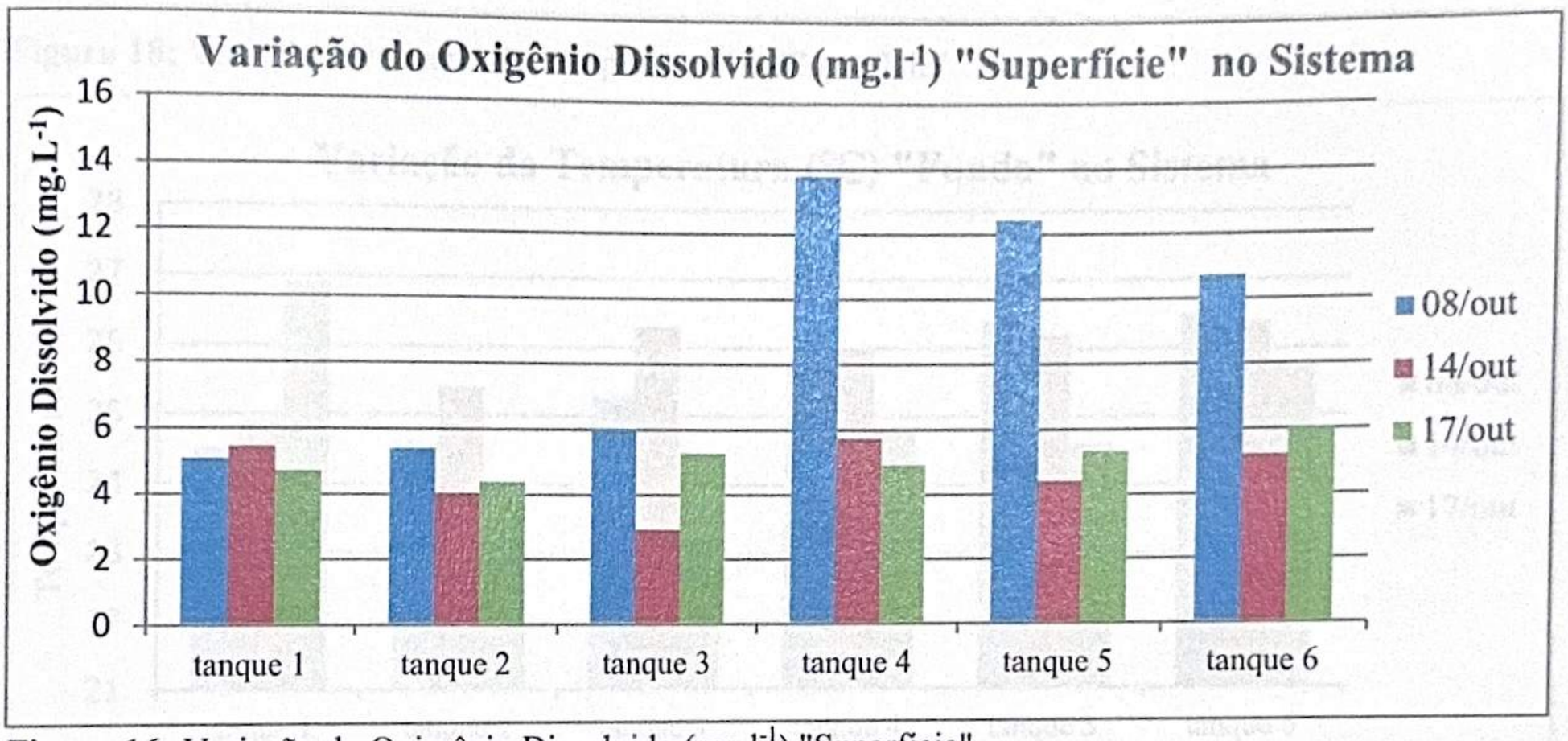


Figura 16: Variação do Oxig ênio Dissolvido (mg.l^{-1}) "Superficie"

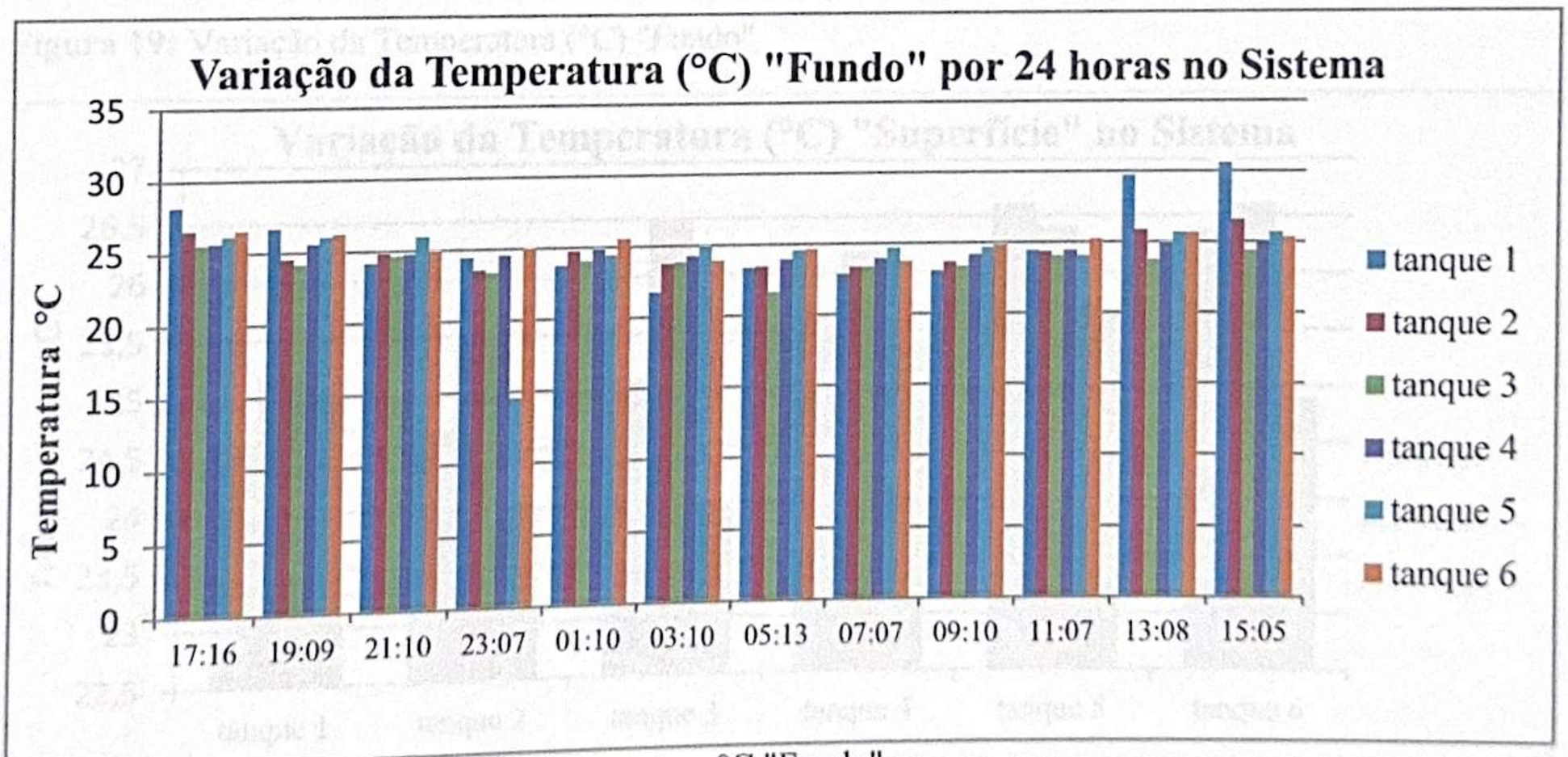


Figura 17: Variação nictemeral da Temperatura °C "Fundo"

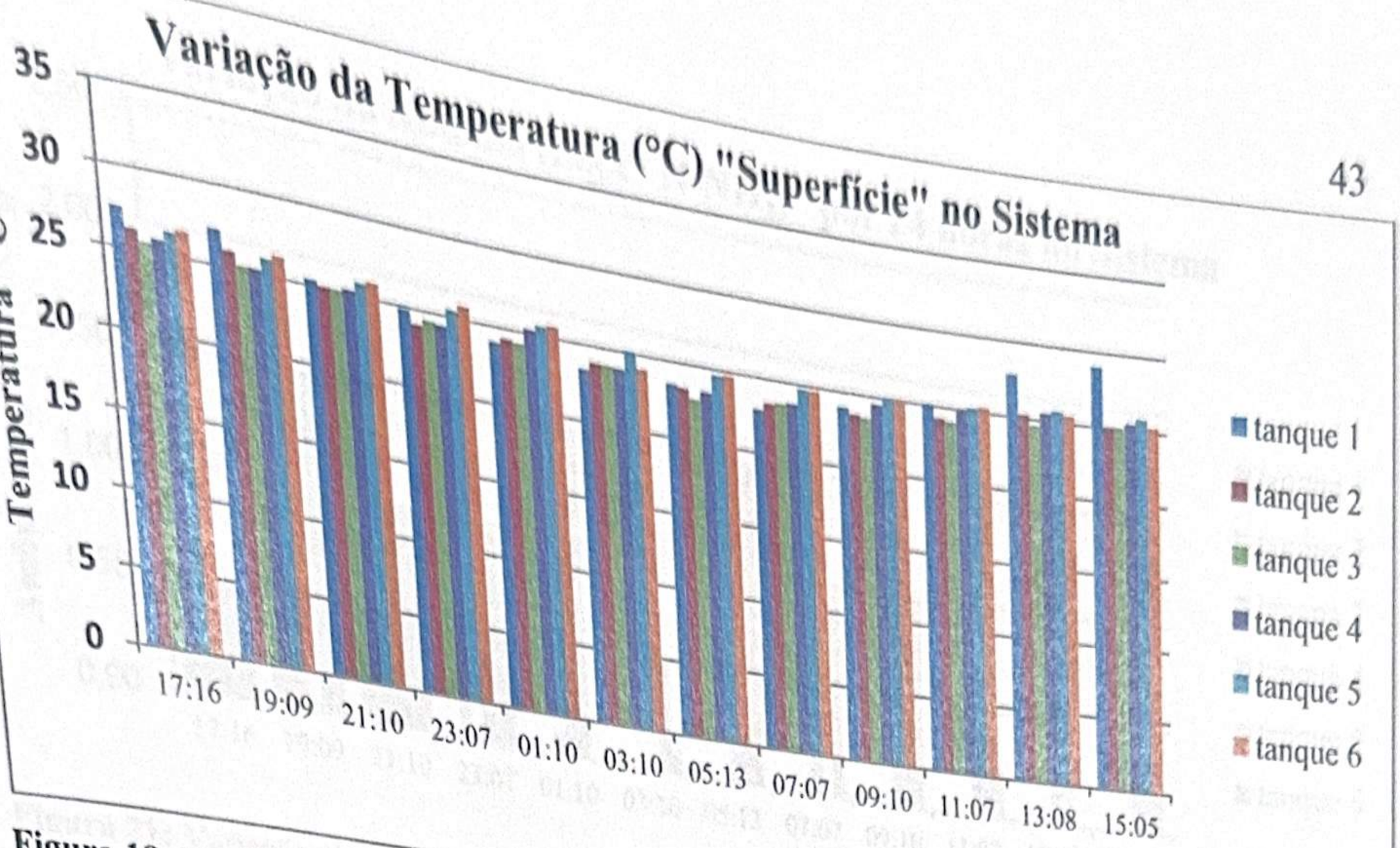


Figura 18: Variação nictemeral da Temperatura °C "Superfície"

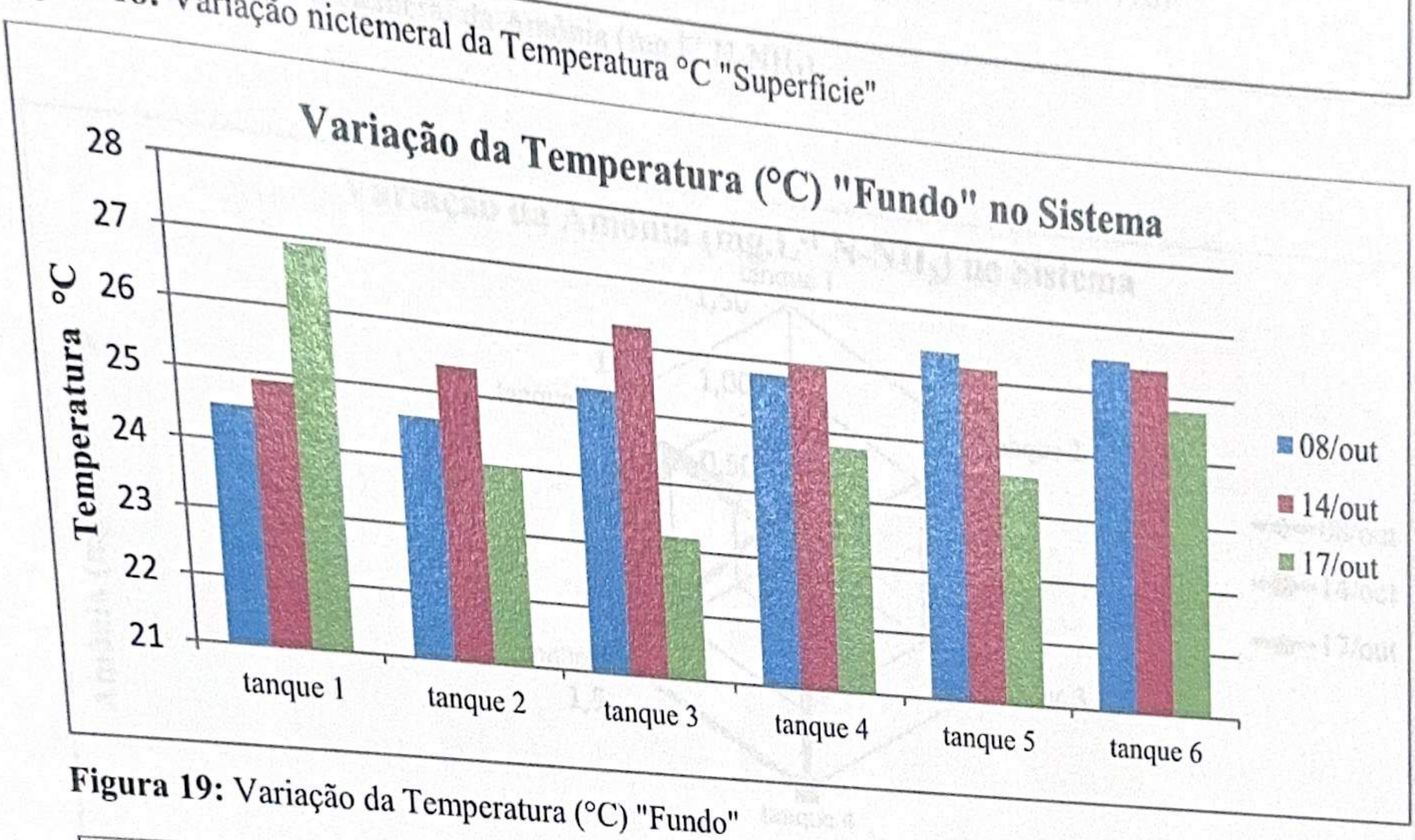


Figura 19: Variação da Temperatura (°C) "Fundo"

Figura 20: Variação da Temperatura (°C) "Superfície"

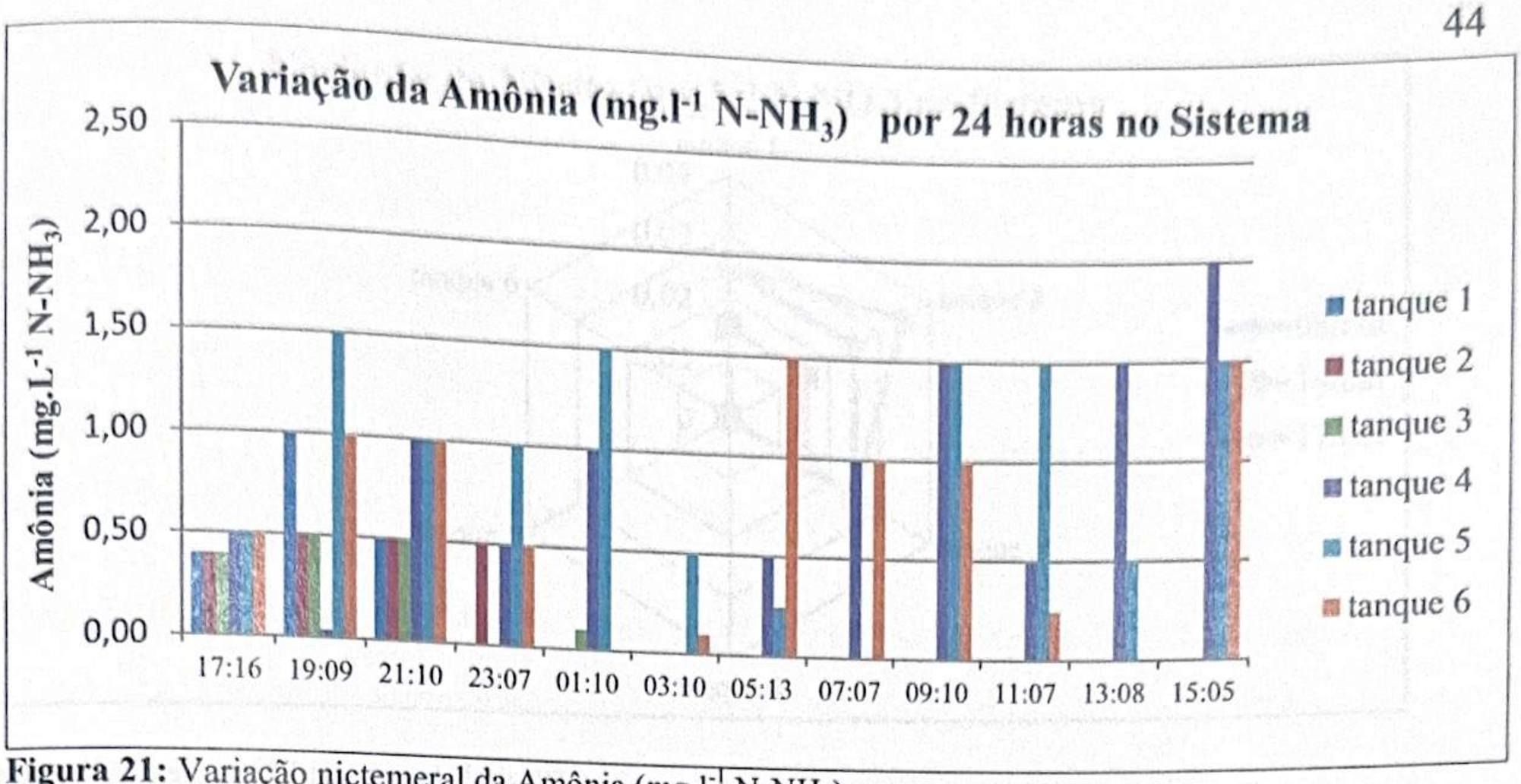


Figura 21: Variação nictemeral da Amônia (mg.l^{-1} N-NH_3)

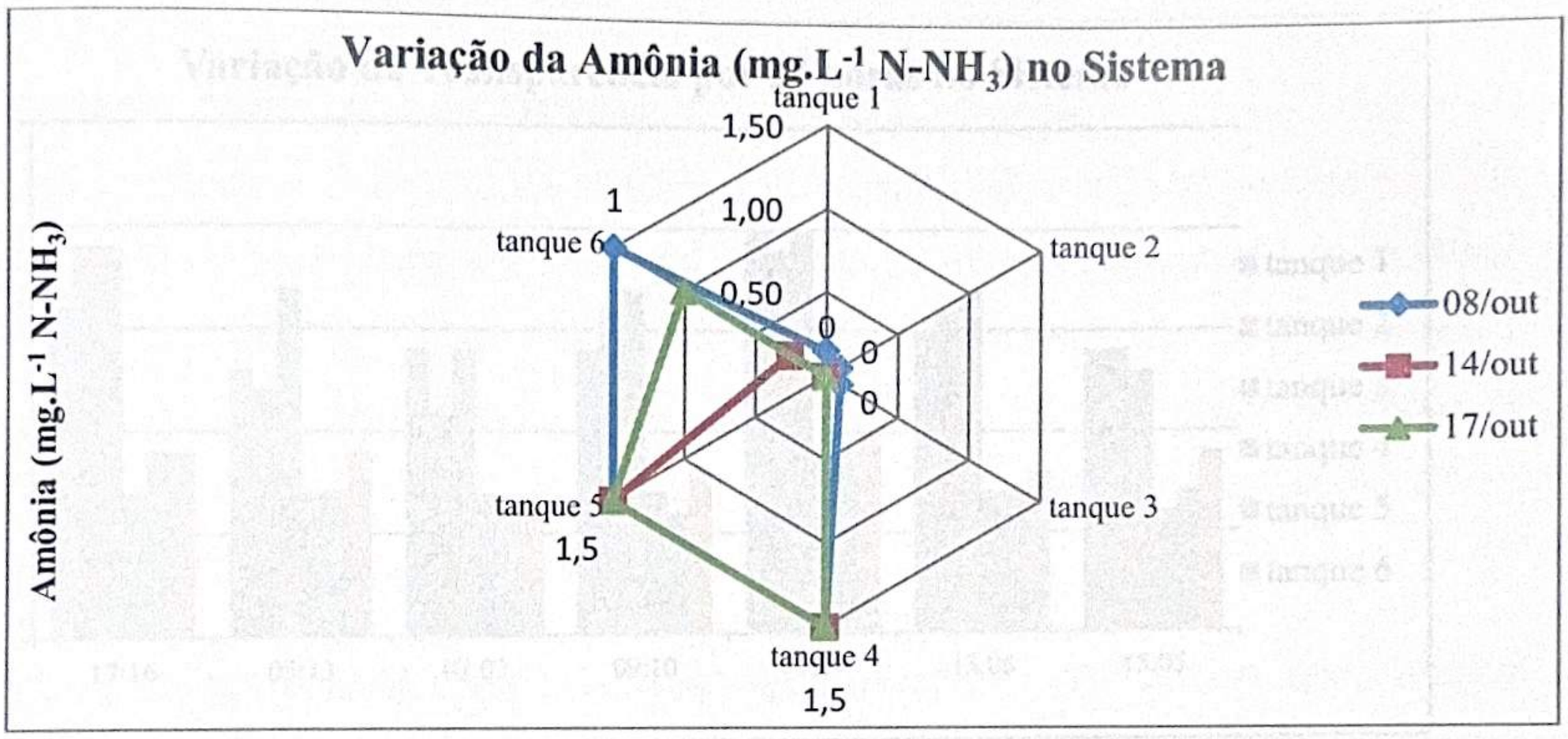


Figura 22: Variação da Amônia (mg.L^{-1} N-NH_3)

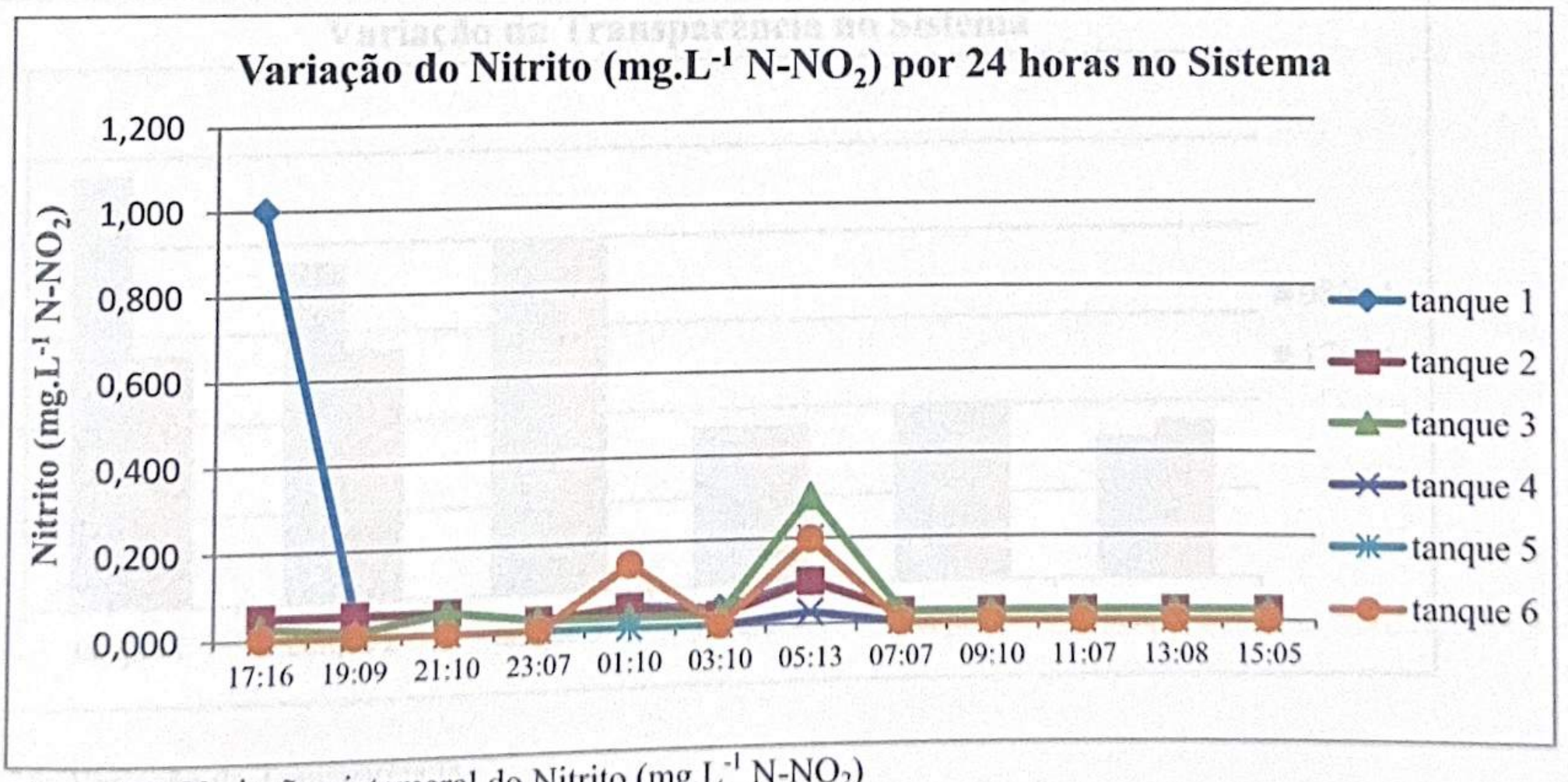


Figura 23: Variação nictemeral do Nitrito (mg.L^{-1} N-NO_2)

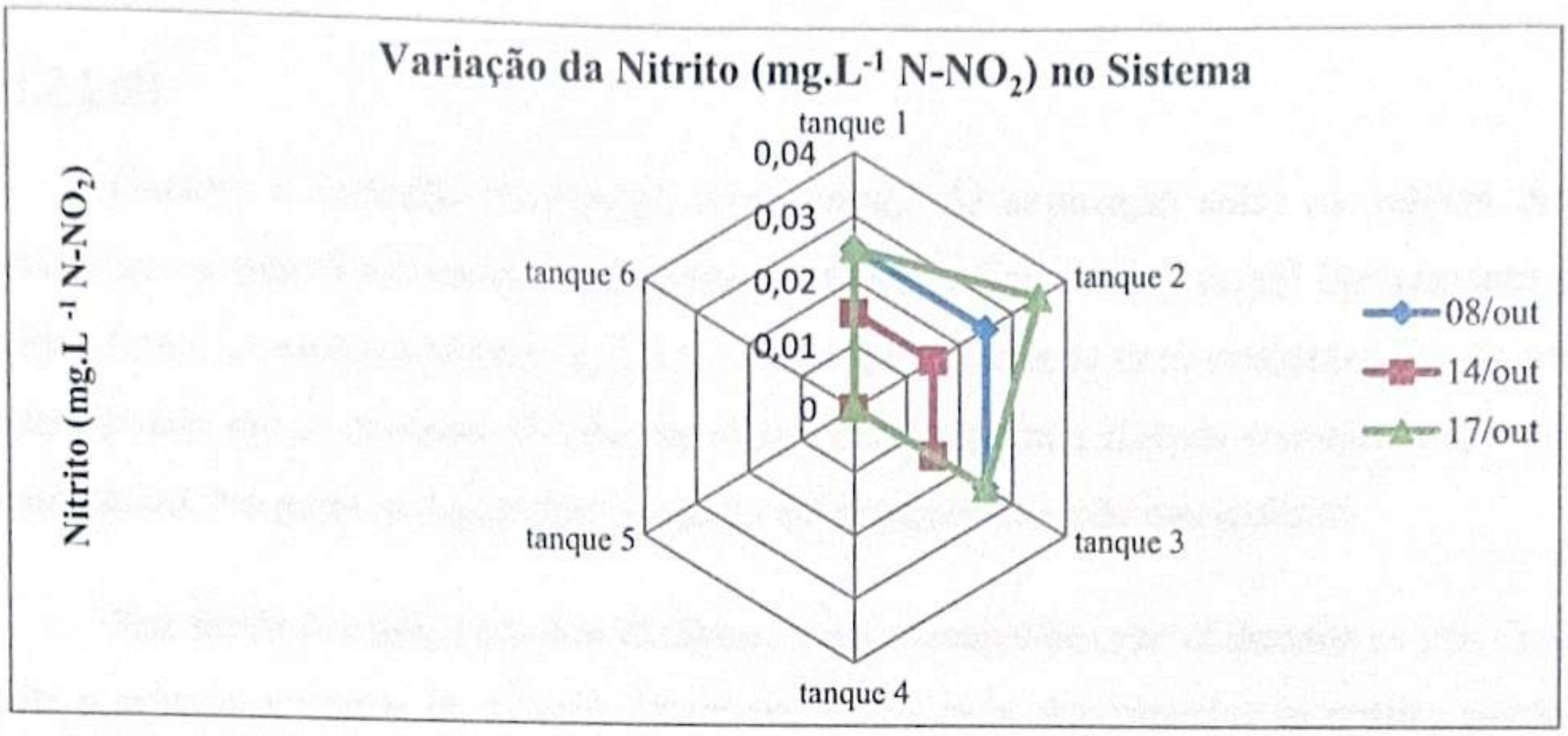


Figura 24: Variação do Nitrito ($mg.L^{-1}$ $N\text{-}NO_2$)

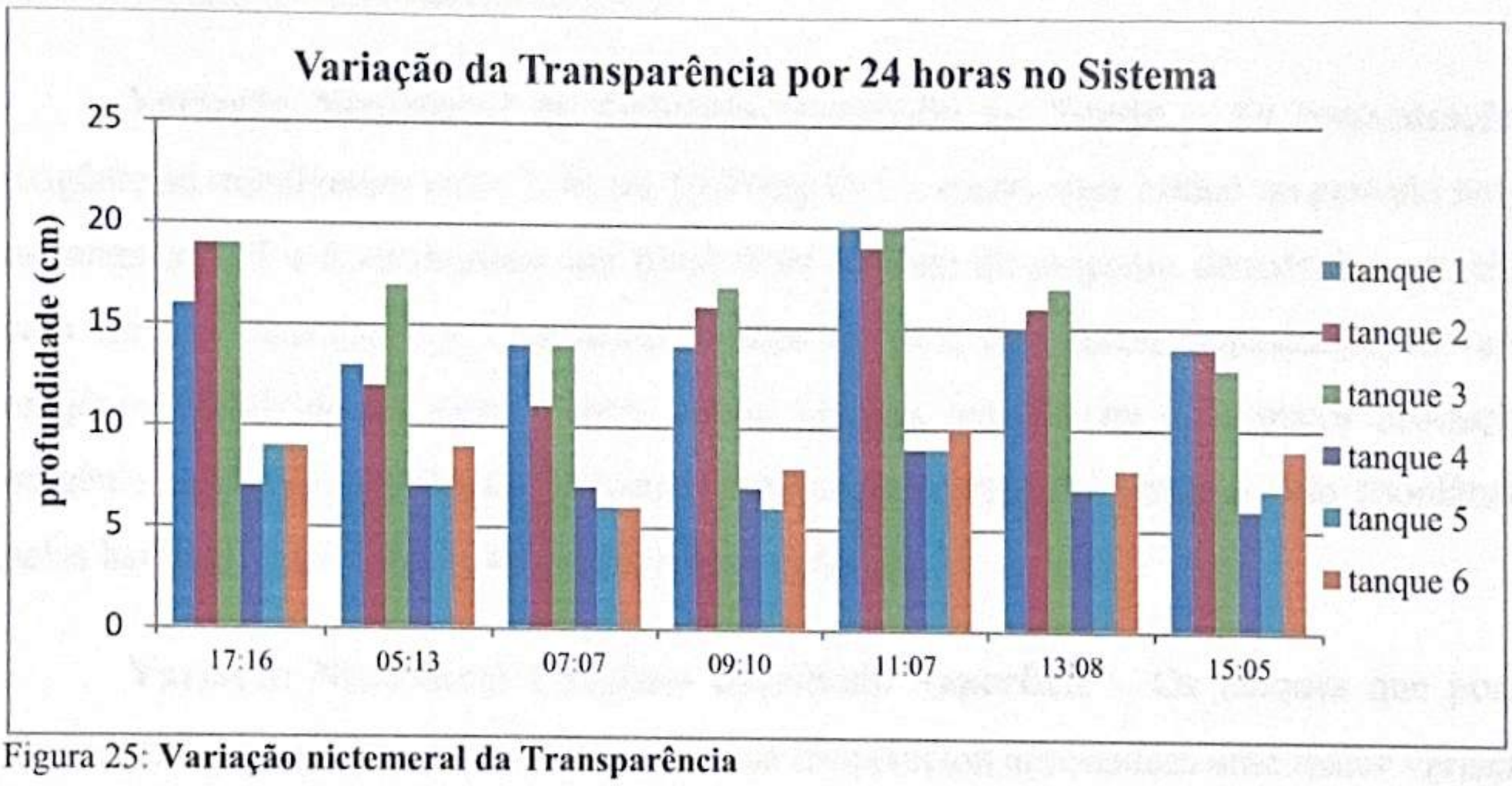


Figura 25: **Variação nictemeral da Transparência**

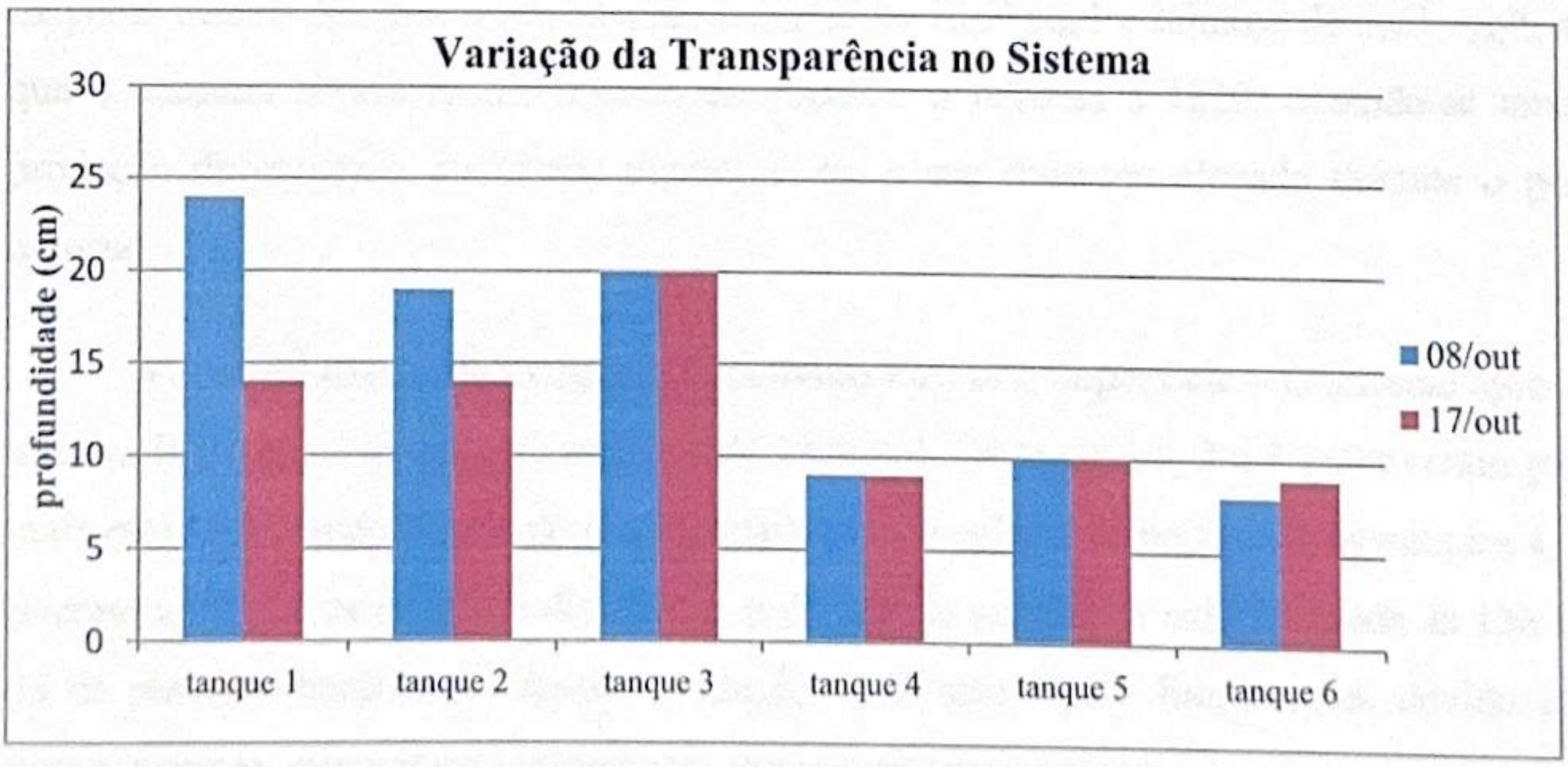


Figura 26: Variação da Transparência

6.1.2.1 pH

Durante a variação nictemeral, nos horários de exposição solar os valores de pH encontram-se superiores aos da madrugada. Os tanques com valores de pH ligeiramente mais ácidos foram os tanques iniciais 1, 2 e 3, sendo que os tanques com concentrações de nitrito mais elevado são os mesmos. Os tanques com níveis de amônia elevada encontram-se com pH mais básico. No geral os parâmetros estão no ideal para cultivo de piscicultura.

Nas medições feitas em dias distintos, o pH manteve-se estável durante os três dias em todo o sistema e dentro de valores desejáveis para o bom desempenho da prática piscícola, que de acordo com Rebelo Neto (2013, p.15) os níveis ideais estão entre 6 e 8.

6.1.2.2 Oxigênio Dissolvido (mg $O_2 l^{-1}$)

Variação Nictemeral do Oxigênio Dissolvido no Fundo – As concentrações de oxigênio se mantiveram entre 1,38 até 10,97mg $O_2 l^{-1}$, sendo mais crítico no período noturno; os tanques 4, 5 e 6 apresentam um nível mais elevado de oxigênio dissolvido, coincidindo com elevada densidade de fitoplâncton nesses tanques, que fazem fotossíntese, elevando o oxigênio dissolvido na água. Porém nesses tanques em que há uma maior produção de oxigênio durante o dia, há um consumo muito alto no período noturno pelo fitoplâncton e pelas bactérias nitrificantes, chegando a níveis críticos.

Variação Nictemeral Oxigênio Dissolvido Superfície – Os tanques que possuem menos plantas aquáticas e maior densidade de fitoplâncton apresentam uma maior variação de oxigênio dissolvido, com concentração máxima de 10,01mg/l e mínima de 1,63 mg/l, sendo que a máxima obtida foi no horário de 13h08 e a mínima a 1h10, notando-se uma alta produção de oxigênio dissolvido durante o dia e um consumo elevado durante o período noturno.

Variação diária do Oxigênio Dissolvido Fundo e Superfície – O sistema apresentou uma variação mínima de 2,9 e máxima de 13,8mg/l. Os tanques1, 2 e 3 mantiveram padrões mais estáveis ficando dentro do recomendado para o cultivo de peixes. Já os tanques 4, 5 e 6 tiveram uma alta de oxigênio dissolvido, pelo fato da análise ter sido realizada às 13h no dia 08 de outubro, horário de elevada produção de oxigênio pelo fitoplâncton, devido ao fato desses tanques apresentarem menor cobertura de plantas aquáticas.

6.1.2.3 Temperatura

Variação Nictemeral da Temperatura Fundo – A temperatura não teve uma muita oscilação, com exceção do tanque 5 mantendo-se por volta de 24 °C.

Temperatura Superfície – Observou-se que não houve uma oscilação considerável na variação de temperatura durante os diferentes horários do dia e da noite mantendo-se por volta de 24,5 °C que pode ser pelo fato da presença das plantas aquáticas que atuam como agente de equilíbrio térmico mantendo a água numa temperatura estável.

Variação diária da Temperatura - Fundo e Superfície – Os valores de Temperatura do fundo apresentam-se mais constantes do que os valores da superfície, tendo-se em conta que sofre mais oscilação por ficar na superfície e tendo mais fatores externos, como o vento, as plantas aquáticas, a recirculação da água pelo bombeamento. O tanque 1 apresenta-se mais estável na superfície, tendo o tanque 3 com maior variação de temperatura na superfície.

6.1.2.4 Amônia ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NH_3$)

Variação Nictemeral da amônia - Os tanques 4, 5 e 6 apresentam elevadas concentrações de amônia, passando dos níveis desejados para cultivo em piscicultura que é de 0,6 ppm e 2,0 ppm, sendo considerados tóxicos. (REBELO NETO, 2013)

Variação diária da amônia – Nos tanques inicias em que há um maior número de plantas aquáticas e que apresentam um maior desenvolvimento observa-se que a amônia se manteve com padrões adequados para os peixes, segundo Rebelo Neto (2013, p.26) o ideal é abaixo de 0,6mg/l. Comparado com os tanques 4, 5 e 6 em que há uma cobertura menor de plantas aquáticas o nível de amônia encontrou-se elevado. Podendo observar que pelo fato dos tanques serem interligados do 1 ao 3 e do 4 ao 6, a amônia inicia no sistema mais elevada tendo uma baixa da amônia ao passar de um tanque para outro.

6.1.2.5 Nitrito ($mg.l^{-1}$ $N\text{-}NO_2$)

Durante a **variação nictemeral**, os tanques iniciais 1, 2 e 3e o tanque final 6 apresentam uma variação maior de nitrito em relação aos outros tanques, mostrando-se oposto aos valores de amônia.

Nas **variações diárias**, pode-se observar que as concentrações de nitrito nos tanques 1, 2 e 3 se mantiveram entre 0,015 e 0,035mg.l^{-1} N-NO_2, inversamente proporcionais aos tanques 4, 5 e 6 que não apresentaram esse elemento nos três dias de análise das amostra.

6.1.2.6 Transparência da água (cm)

Variação nictemeral - Os tanques 1, 2 e 3, apresentam maior transparência da água do que os três últimos que chegaram a profundidades de 6 cm de transparência. Porém o valor mais alto de transparência chegou a 21 cm estando dentro do limite aceitável, pois Rebelo Neto (2013, p. 13) considera um viveiro muito turvo quando está numa faixa menor que 20cm de profundidade, podendo ocasionar uma baixa concentração de oxigênio dissolvido durante a noite.

Variações diárias – Nos tanques que tem uma maior quantidade de macrófitas aquáticas, pode-se constatar a redução da proliferação de fitoplâncton, por impedir o excesso de luminosidade, já que a luz propicia a multiplicação das algas. Nos três últimos tanques em que há uma elevada densidade de fitoplâncton, observou-se uma menor incidência de radiação solar, ocasionando uma menor transparência da água.

Os resultados permitem inferir sobre a influência das plantas aquáticas dentro do sistema, pois foi observado nos tanque em que há uma maior quantidade de macrófitas aquáticas, os níveis de amônia, oxigênio dissolvido, transparência, estão níveis mais adequados para a criação de peixes do que nos tanques em que há uma presença menor de plantas, com uma maior proliferação de fitoplâncton e uma oscilação muito grande de oxigênio.

Como condiz com o trabalho de Mitchell, 1996; Perschbacher *et al.*, 1996; Datta e Jana, 1998 *apud* Macedo, 2004, p. 6:

> Em tanques de criação de peixes, a proliferação excessiva do fitoplâncton pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, podendo causar a obstrução das brânquias dos peixes pelos filamentos e inibição do crescimento das algas mais assimiláveis, além do

aparecimento de produtos do metabolismo secundário de cianobactérias, que causam sabor desagradável no pescado.

As concentrações de oxigênio dissolvido na água variaram de 1,6 mg/l mínima a máxima de 13,8 mg/l na superfície e de 1,63 mínima a máxima de 13,04 mg/l no fundo, sendo que os menores valores de oxigênio dissolvido foram verificados nos tanques 5 e 6, que são tanques que possuem menos macrófitas aquáticas, segundo Kubitza (2000), tilápias suportam baixas concentrações de OD até 0,7 mg/l.

A temperatura no sistema variou de 21,8 a 30,6 °C no fundo e 22,8 a 29 °C na superfície, segundo Kubizta (2000), para espécies tropicais como a tilápia, a faixa adequada de temperatura geralmente varia de 28 a 35 °C, o que não comprometeu o cultivo.

A variação da amônia foi de 0 a 2 mg/l, corroborando estudo realizado por Xavier *et al.* (1991); *apud* Pereira e Mercante, (2005, p. 86) que observaram concentrações de amônia com valores variando entre 0,77 e 1,58 mg/l, favorecendo o crescimento das algas, já que os compostos de nitrogênio são nutrientes essenciais para a produtividade primária. Segundo Branco (1986), uma concentração de 0,30 mg/l de nitrogênio é suficiente para promover floração de algas. Conforme foi observado nos tanques em que há um maior nível de amônia há uma maior proliferação de algas.

7. CONCLUSÃO

Área 1

Pode-se concluir que o sistema de tratamento tipo *wetlands* construídas mostrou ser eficaz na redução da amônia e do nitrito, e no aumento das concentrações de oxigênio dissolvido e dos valores de pH nas caixas do Sistema 3 A, B e C, tendo como resultados padrões de qualidade de água desejáveis para o cultivo de peixes.

O aumento do teor de oxigênio dissolvido nas caixas iniciais que contém a planta *Costus spitacus* e nas caixas finais que contém a planta *Egeria densa*, se dá pelo fato das plantas submersas liberarem oxigênio pela fotossíntese na água.

Outra verificação feita *in loco* foi que a turbidez (visual) diminuiu ao longo dos sistemas, mesmo após passar apenas pelos sistemas controle (Sistema D) com solos filtrantes.

Área 2

Pode-se concluir que o sistema interligado 1, 2 e 3 foi mais eficiente com relação aos parâmetros de qualidade de água para a piscicultura, sendo que nos tanques 1 e 2 com presença vigorosa de *Pistia stratiotes* houve uma redução da concentração de amônia, e a presença de nitrito em concentrações mais baixas.

Nos tanques interligados 4, 5 e 6, os quais possuíam uma menor cobertura do espelho d água por macrófitas aquáticas e consequentemente maior incidência de radiação solar, foi observado uma proliferação maior de fitoplâncton, além de ter sido verificado nesses tanques elevadas concentrações de amônia.

Pode-se concluir neste estudo sobre as macrófitas aquáticas, que elas influenciam o sistema, pois nos tanques em que há uma maior quantidade de plantas aquáticas, os parâmetros analisados da qualidade de água são ideais a desejáveis para o cultivo de peixes.

8. REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, A. W. A. **Tratamento de efluentes de piscicultura utilizando sistema tipo wetland povoado com espécies de macrófitas aquáticas de três tipos ecológicos diferentes.** Dissertação de (mestrado) Universidade Estadual Paulista, centro de Aquicultura, 2011.

AZEVEDO NETO, J.M. Novos conceitos sobre cutrofização. **Revista DAE**, v.48, n. 151, 1988, p. 22-28.

BASTOS, I. C. O; LOVO, I. C; ESTANISLAU, C. A. M; SCOSS, L. M. Utilização de bioindicadores em diferentes hidrossistemas de uma indústria de papéis reciclados em Governador Valadares-MG. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 203-211, 2006).

BEZERRA, J. W; SILVA. **Outros sistemas de cultivo em piscicultura.** Cap. 8.1 Piscicultura intensiva e semi-intensiva. Brasília. 1988, p. 29. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/ab486p08.htm>, Acesso em: 29/09/2015.

BIUDES, J. F. V. **Uso de *wetlands* construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Centro Aquicultura, 2007, p. 4-102.

BRAGA, B; PORTO, M; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. **In**: REBOUÇAS, ALDO C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 717.

BRANCO, S.M.**Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB.1986, p.640.

DUARTE, S. R. S. **Aquaponia urbana em bases agroecológicas**. Trabalho de conclusão de curso. 2015, p. 12-82.

ENNABILI, A.; ATER, M.; RADOUX, M. **Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula**.AquaticBotany, Amsterdam, v. 62, no. 1, p. 45-56, Sept. 1998.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 3. Ed. Rio de Janeiro: **Interciência.** 2011.

FARAHBAKHSHAZAD, N.; MORISON, G. M.; SALATI, E. F. **Nutrient removal in a vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil**.Ambio, Stockholm, v. 29. 2000, p.74-77, 2000.

FELIZATTO, M. R; STARLING, F. L. R. M; SOUSA, M. A. A; **Reúso de água em piscicultura: Análise da possibilidade de aplicação de efluente de lagoas de estabilização em série**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS. 2000, p. 1-27.

OLOMBIESKI, J. I; MARCHEZAN, E; MONTI, M. B; STORCK L; CAMARGO, E. R; SANTOS, F. M. **Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado**. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.6, nov-dez. 2005, p. 1263-1268.

HENRY, R. **Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância-estudo de aplicação em marginais ao rio Paranapanema na zona de desembocadura na Represa Jurumirim**. In: Henry, R. Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: RiMa. 2003, p. 1-28.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M., **Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes**. R. Bras. Zootec., v.37, n.2. 2008, p. 181-188.

HENRY-SILVA, G. G; CAMARGO, A. F. M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents.**ScientiaAgricola**. 63: 2006, p.433-438.

HENRY-SILVA, G. G; CAMARGO, A. F. M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. **B. Inst. Pesca,** São Paulo, 34(1). 2008, p.163 – 173.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquiferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 7, n. 4. Out/Dez. 2002, p. 75-95. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>Acesso em: 01/10/2015.

HESPANHOL, I. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos**. Universidade de São Paulo. 2008, p. 151. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a09.pdf> Acesso em: 29/09/2015.

HIDALGO, J.C; MONTANO, J.J; ESTRADA, M.S. Aplicaciones de La depuración de águas residuales com plantas acuáticas. **Treoria**, Vol. 14 (1). 2005, p. 17-25.

INSTITUTO DE ECOLOGIA APLICADA, Relatório técnico. 1997, p.22.

IRGANG, B. E; GASTAL JUNIOR, C. V. S. **Problemas taxonômicos e distribuição geográfica de macrófitas aquáticas do sul do Brasil**. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Editora da Universidade Estadual de Maringá.Cap. 7. 1996, p. 163.

KARPISCAK, M. M.; GERBA, C. P.; WATT, P. M.; FOSTER, K. E.; FALABI, J. A. **Multispeciesplant systems for wastewaterqualityimprovementsand habitat enhancement**. Water Science and Technology, Kidlington, v. 33, no. 10-11, p. 231- 236, 1996.

KIVAISI, A. K. **The potencial for construted*wetlands* for waste water treatment and reuse in developing countries: a reviem**. EcologicalEngineering, v. 16. 2001. p. 545-560.

KUBITZA, F. **Qualidade de água, sistema, planejamento da produção, manejo nutricional e alimento e sanidade**. Panorama da Aquicultura, 10(59), 2000, p. 44-53.

MACEDO, C. F; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: conseqüências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo. 2010, 149-163.

MACEDO, F. C. Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo. Tese de doutorado. Jabotical. 2004, p.4-70.

MARQUES, D. M. **Terras úmidas construídas de fluxo sub-superficial**. In: Campos, J.R (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES. 1999, p.409-435.

MPA. Disponível em <http://www.mpa.gov.br/aquicultura/potencial-brasileiro>, Acesso em 08/09/2015.

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aqüicultura no Brasil: A prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia**, Risco Ambiental e Sociedade, vol. 2, nº 1, fev. 2009, p. 71.

PEREIRA, L. P. F; MERCANTE, C. T. J. **A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão**. B. Inst. Pesca, São Paulo, 31(1), 2005, p. 81-88.

PETRACCO, P. **Determinação da Biomassa e Estoque de Nitrogênio e Fósforo de *Polygonumspectabile* Mart. e*Paspalumrepens* Berg da Represa de Barra Bonita (SP).** Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1995.

PIEDRAHITA, R. H. Reducingofenvironmentimpactsoftankaquacultureeffluentsthroughintensificationandrecirculation. **Aquaculture**, v. 226. 2003, p. 35-44.

REBELO NETO, P. X. **Piscicultura no Brasil tropical**. São Paulo: Hemus. 2013, p. 1-266.

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise e Dados. Salvador, v. 13, n. especial. 2003, p.341-345.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

SALATI, E; SALATI FILHO, E. Wetlandprojectsdevelopment Brasil, **Water Science e Tecnology**. 1999, p. 19-25.

SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de sistemas de *wetlands*construídos**. 2006, p. 1-19. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/Controle_Qualid_Agua_Wetlands_ES_out06.pdf> Acesso em 29/09/2015.

SALATI, E. **Utilização de sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas.** Biológico. São Paulo, v. 65, n. ½, jan-dez. 2003, p. 113-116.

SALATI, E; SALATI FILHO, E; SALATI, E. **Utilização de sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas**. Piracicaba, São Paulo, 2009. Acesso em: 29/09/2015 Disponível em:<http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/12/sistema-wetlands.pdf>.

SUMAGAYSAY-CHAVOSO, N.S.; SAN DIEGO-McGLONE, M.L. **Water quality and capacity of intensive and semi-intensive milkfish (Chanoschanos) ponds**.Aquaculture, v. 219. 2003, p.413-429.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudosavançados. 2008, p. 7-16.

WOOD, A. Constructed *wetlands* in water pollution control: Fundamentals to their understanding. **Water Science andTechnlogy**. 1995, p. 21-29.

APÊNDICES

Figura 1: A e B, Caixas de *wetlands* montadas no NUPA.



Figura 2: A, B e C, Etapas da montagem das caixas de *wetlands*, respectivamente: montagem da encanação e peneiramento da terra para construção das caixas de solo filtrante.



reagente, c) Fosfato









Tabela 1: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias da ÁREA 1, no dia 13/04/2015.

Data:	Caixa	pH	OD 10 cm	OD 20 cm	OD 30 cm	amônia	nitrito	T°C 10 cm	T°C 20 cm	T°C 30 cm	alcalinidade
13/04/2015	1A	5,5	5,7	4,78	6,5	0,1	N	30,8	29,2	27,8	N
13/04/2015	2A	5,5	16,1	N	N	0,1	N	31,8	N	N	N
13/04/2015	3A	8	9,81	10,23	9,71	0,1	N	31,9	31,9	31,6	N
13/04/2015	1B	6,8	16,1	N	N	0,125	N	31,8	N	N	N
13/04/2015	2B	7	9,87	N	N	0	N	29,3	N	N	N
13/04/2015	3B	8	10,9	11,08	10,9	0,1	N	32	32,1	31,9	N
13/04/2015	1C	6,8	7,51	N	N	0,1	N	32,5	N	N	N
13/04/2015	2C	5,5	8,84	8,3	8,02	0,1	N	28,9	29,6	28,8	N
13/04/2015	3C	8	10,9	11,08	10,9	0,1	N	32	32,1	31,9	N
13/04/2015	1D	5,5	6,35	N	N	0,1	N	32,5	N	N	N
13/04/2015	2D	7	N	N	N	0,25	N	N	N	N	N
13/04/2015	3D	8	N	N	N	0,1	N	31	30,9	29,6	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 2: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias da ÁREA 1, no dia 21/04/2015.

Data:	Caixa	pH	OD 10 cm	OD 20 cm	OD 30 cm	amônia	nitrito	T°C 10 cm	T°C 20 cm	T°C 30 cm	alcalinidade
21/04/2015	P0	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
21/04/2015	Inicial	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
21/04/2015	1A	5,4	6,39	6,04	5,35	0,1	0	28,1	26,3	26,1	N
21/04/2015	2A	5,7	5,8	N	N	0,1	0	28	N	N	N
21/04/2015	3A	7	7,63	7,15	6,52	0,1	0	28	27,6	27,2	N
21/04/2015	1B	6,7	8,31	N	N	0,1	0	29	N	N	N
21/04/2015	2B	7	6,91	N	N	0,1	0	29,4	N	N	N
21/04/2015	3B	8,5	9,65	10,43	8,7	0	0	29	28,6	27,7	N
21/04/2015	1C	6,3	5,6	N	N	0,25	0	28,1	N	N	N
21/04/2015	2C	6,4	5,6	6,9	6,33	0	0	28,5	27,6	27,1	N
21/04/2015	3C	8,1	8,6	10,26	9,83	0,1	0	27,4	27,6	27,3	N
21/04/2015	1D	6,2	6,08	N	N	0,25	0	29	N	N	N
21/04/2015	2D	6,4	6,98	6,77	6,52	0,2	0	28,2	28,2	28,1	N
21/04/2015	3D	8	7,7	7,82	7,86	0,1	0	27,4	27,2	26,6	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 3: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias da ÁREA 1, no dia 23/04/2015.

Data:	Caixa	pH	OD 10 cm	OD 20 cm	OD 30 cm	amônia	nitrito	T°C 10 cm	T°C 20c m	T°C 30 cm	alcalinidade
23/04/2015	P0	5,2	5,45	N	N	0	0	28,3	N	N	N
23/04/2015	Inicial	5,7	5,22	N	N	1	0,1	27,9	N	N	N
23/04/2015	1A	5,9	8,5	8,14	7,62	0,1	0	28,3	27,9	27,6	N
23/04/2015	2A	6	7,85	N	N	0	0,01	29	N	N	N
23/04/2015	3A	8,4	9,86	9,03	8,3	0	0	29	28,9	28,7	N
23/04/2015	1B	6,5	7,5	N	N	0,2	0,025	28,7	N	N	N
23/04/2015	2B	6,7	7,27	N	N	0,1	0	29,3	N	N	N
23/04/2015	3B	8,3	15,01	11,3	11,25	0	0	27,7	28,4	28,8	N
23/04/2015	1C	6,2	4,82	N	N	0,15	0,025	30,3	N	N	N
23/04/2015	2C	6,3	5,2	4,3	4,5	0,1	0,025	30,3	29	29,3	N
23/04/2015	3C	8,3	7,61	8,07	8,9	0	0	29,3	29,6	29,8	N
23/04/2015	1D	5,7	3,82	N	N	0,25	0,01	30,7	N	N	N
23/04/2015	2D	6,7	5,73	5,87	4,71	0,2	0	30,3	30,5	30,7	N
23/04/2015	3D	7,8	5,77	6	5,82	0	0	28,8	29,9	30,1	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 4: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias da ÁREA 1, no dia 25/04/2015.

Data:	Caixa	pH	OD 10 cm	OD 20 cm	OD 30 cm	amônia	nitrito	T°C 10 cm	T°C 20 cm	T °C 30 cm	alcalinidade
25/04/2015	P0	4,6	8,12	N	N	0	0	26,1	N	N	0,32
25/04/2015	Inicial	5,2	6,66	N	N	1	0,1	26,9	N	N	0,16
25/04/2015	1A	5,6	6,35	6,35	6,08	0,25	0,025	28,3	27,8	27,1	0,2
25/04/2015	2A	5,7	7,19	N	N	0,15	0	28,4	N	N	0,36
25/04/2015	3A	7,9	9,36	8,85	9,38	0,1	0	29,1	29,1	28,9	0,28
25/04/2015	1B	6,6	8,17	N	N	0,5	0,025	29,8	N	N	0,68
25/04/2015	2B	6,8	7,36	N	N	0,15	0	29	N	N	0,116
25/04/2015	3B	8,1	13,34	10,34	10,41	0	0	29	29	28,8	0,68
25/04/2015	1C	6,6	8,18	N	N	1	0,05	29	N	N	0,44
25/04/2015	2C	6,6	7,62	7,83	7,43	0,1	0	30	29,4	29	0,68
25/04/2015	3C	7,9	6,65	10,32	10,16	0	0	29,8	28,9	28,6	0,52
25/04/2015	1D	6,2	7,11	N	N	0,5	0,015	29	N	N	0,52
25/04/2015	2D	6,8	8,28	8,04	7,9	0,15	0	28,7	29	29,2	28
25/04/2015	3D	7,8	8,5	8,44	8,43	0,1	0	28,5	28,7	28,5	28

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 5: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias da ÁREA 1, no dia 27/04/2015.

Data:	Caixa	pH	OD 10 cm	OD 20 cm	OD 30 cm	amônia	nitrito	T°C 10 cm	T°C 20 cm	T°C 30 cm	Alcalinidade
27/04/2015	P0	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
27/04/2015	Inicial	5,7	5,29	N	N	N	N	26,2	N	N	N
27/04/2015	1A	6,7	6,12	4,83	N	0,1	0	31	29,2	27,1	0,1
27/04/2015	2A	6,5	6,84	N	N	0,15	0,05	27,2	N	N	0,2
27/04/2015	3A	8,7	8,14	8,65	6,78	0,2	0,025	28,5	28,4	27,3	0,2
27/04/2015	1B	7,8	7,74	N	N	0,1	0,025	28,8	N	N	0,5
27/04/2015	2B	7,1	6,69	N	N	0,1	0	28,5	N	N	0,158
27/04/2015	3B	8,9	10,81	11,4	9,66	0	0,05	28,9	28,3	27,4	0,7
27/04/2015	1C	8,2	9,58	N	N	0,1	0	28,1	N	N	0,5
27/04/2015	2C	7,4	7,44	5,81	5,32	0,1	0,05	29,5	28	27,2	0,6
27/04/2015	3C	9,1	9,48	10,92	8,78	0	0	28,6	28,9	27,9	0,35
27/04/2015	1D	6,9	7,91	N	N	0,5	0,025	29,2	N	N	0,6
27/04/2015	2D	7,3	7,75	N	N	0,25	0	29,3	N	N	0,3
27/04/2015	3D	8,2	8,55	N	N	0,1	0	28,9	N	N	0,4

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 6: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 08/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
08/10/2015	13:00	1	7,47	6,5	5,04	24,5	5,07	24,6	0,15	0,025	24cm
08/10/2015	13:00	2	7,5	6,5	5,10	24,6	5,4	24,7	0,10	0,025	19cm
08/10/2015	13:00	3	7,58	6,5	5,83	25,3	5,97	25,1	0,10	0,025	20cm
08/10/2015	13:00	4	7,63	7,4	13,04	25,8	13,8	25,7	1,50	0,000	9cm
08/10/2015	13:00	5	7,69	7,4	11,78	26,4	12,45	26,6	1,50	0,000	10cm
08/10/2015	13:00	6	7,76	7,4	10,12	26,5	10,74	26,4	1,50	0,000	8cm

Tabela 7: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 14/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
14/10/2015	19:29	1	6,69	N	5	24,9	5,45	25,2	0	0,015	N
14/10/2015	19:29	2	6,55	N	4,48	25,4	4,03	25,5	0	0,015	N
14/10/2015	19:29	3	6,45	N	3,4	26,3	2,9	26,5	0	0,015	N
14/10/2015	19:29	4	6,25	N	5,9	26	5,74	26,2	1,5	0,000	N
14/10/2015	19:29	5	6,25	N	4,17	26,2	4,4	26,4	1,5	0,000	N
14/10/2015	19:29	6	6,36	N	5,3	26,4	5,2	26,6	0,25	0,000	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 8: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 17/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
17/10/2015	08:40	1	7,2	N	4,4	26,9	4,7	25,1	0	0,025	14cm
17/10/2015	08:40	2	7	N	3,84	24	4,38	24	0	0,035	14cm
17/10/2015	08:40	3	6,88	N	5,08	23,2	5,26	24	0	0,025	20cm
17/10/2015	08:40	4	6,52	N	4,45	24,8	4,9	25,4	1,5	0,000	9cm
17/10/2015	08:40	5	6,57	N	4,3	24,6	5,3	25,7	1,5	0,000	10cm
17/10/2015	08:40	6	6,61	N	4,5	25,8	6,01	24,9	1	0,000	9cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 9: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 10/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
10/10/2015	17:16	1	6,6	7,2	4,95	28,2	4,87	27,4	0,40	1,000	16cm
10/10/2015	17:16	2	6,52	7,1	4,64	26,6	4,64	26,2	0,40	0,050	19cm
10/10/2015	17:16	3	6,4	7,2	4,17	25,6	4,44	25,5	0,40	0,025	19cm
10/10/2015	17:16	4	6,25	7,4	5,7	25,7	6,16	25,8	0,50	0,000	7cm
10/10/2015	17:16	5	6,32	7,4	6,6	26,2	6,13	26,4	0,50	0,000	9cm
10/10/2015	17:16	6	7,03	7,5	7,32	26,6	6,97	26,6	0,50	0,000	9cm

Tabela 10: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 10/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
10/10/2015	19:09	1	6,1	6,7	4,84	26,7	5,04	27,2	1,000	0,050	N
10/10/2015	19:09	2	6,16	7,1	4,52	24,6	4,3	26	0,500	0,050	N
10/10/2015	19:09	3	6,23	7,1	3,88	24,2	3,75	25,2	0,500	0,010	N
10/10/2015	19:09	4	6,22	7,3	5,56	25,6	5,6	25,2	0,035	0,000	N
10/10/2015	19:09	5	6,28	7,2	5,04	26,1	4,8	26	1,500	0,000	N
10/10/2015	19:09	6	6,3	7,2	5,3	26,3	5,7	26,3	1,000	0,000	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 11: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 10/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
10/10/2015	21:10	1	N	7,20	4,70	24,2	4,7	25,3	0,500	0,050	N
10/10/2015	21:10	2	N	7,00	4,00	24,9	3,8	25	0,500	0,050	N
10/10/2015	21:10	3	N	6,80	4,40	24,7	3,4	24,9	0,500	0,050	N
10/10/2015	21:10	4	N	7,40	5,00	24,8	5,8	25,2	1,000	0,000	N
10/10/2015	21:10	5	N	7,30	4,10	26	3,44	25,8	1,000	0,000	N
10/10/2015	21:10	6	N	7,30	3,90	25	3,65	26	1,000	0,000	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 12: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 10/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
10/10/2015	23:07	1	N	N	4,65	24,5	4,68	24,8	0,000	0,025	N
10/10/2015	23:07	2	N	N	3,8	23,6	4,6	24,01	0,500	0,025	N
10/10/2015	23:07	3	N	N	3,75	23,4	3,99	24,4	0,000	0,025	N
10/10/2015	23:07	4	N	N	5,6	24,6	4,44	24,3	0,500	0,000	N
10/10/2015	23:07	5	N	N	2,9	14,6	2,9	25,4	1,000	0,000	N
10/10/2015	23:07	6	N	N	2,93	25,03	3,6	25,8	0,500	0.000	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 13: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	01:10	1	N	7,20	4,4	23,8	4,52	24	0,000	0,050	N
11/10/2015	01:10	2	N	7,00	4,3	24,8	3,9	24,3	0,000	0,050	N
11/10/2015	01:10	3	N	7,10	3,05	24,1	3,2	24,2	0,100	0,025	N
11/10/2015	01:10	4	N	7,20	4,03	24,9	4,03	25,2	1,000	0,000	N
11/10/2015	01:10	5	N	7,00	2,41	24,5	2,2	25,6	1,500	0,000	N
11/10/2015	01:10	6	N	7,20	1,68	25,6	1,63	25,7	0,000	0,150	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 14: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	03:10	1	N	N	4,23	21,8	4,6	23,4	0,000	0,040	N
11/10/2015	03:10	2	N	N	3,6	23,8	4,18	23,9	0,000	0,025	N
11/10/2015	03:10	3	N	N	3,85	23,9	4	23,9	0,000	0,025	N
11/10/2015	03:10	4	N	N	5,35	24,3	5,7	23,8	0,000	0,000	N
11/10/2015	03:10	5	N	N	2,6	25	3,1	25,1	0,500	0,000	N
11/10/2015	03:10	6	N	N	2,27	24	2,18	24,1	0,100	0,000	N

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 15: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	05:13	1	N	7	3,9	23,4	4,55	23,5	0,00	0,100	13cm
11/10/2015	05:13	2	N	6,8	3,7	23,5	3,68	23,4	0,00	0,100	12cm
11/10/2015	05:13	3	N	7	3,1	21,7	4,50	22,8	0,00	0,300	17cm
11/10/2015	05:13	4	N	7,2	4,45	24	4,07	23,4	0,50	0,025	7cm
11/10/2015	05:13	5	N	7	2,6	24,6	3,00	24,6	0,25	0,200	7cm
11/10/2015	05:13	6	N	6,8	1,6	24,7	1,90	24,7	1,50	0,200	9cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 16: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	07:07	1	N	N	3,04	22,9	4,0	22,9	0,0	0,025	14cm
11/10/2015	07:07	2	N	N	3,75	23,4	4,6	23,4	0,0	0,025	11cm
11/10/2015	07:07	3	N	N	3,27	23,4	3,0	23,5	0,0	0,025	14cm
11/10/2015	07:07	4	N	N	5,81	24	4,5	23,6	1,0	0,000	7cm
11/10/2015	07:07	5	N	N	2,70	24,7	3,6	24,7	0,0	0,000	6cm
11/10/2015	07:07	6	N	N	1,38	23,8	1,8	24,7	1,0	0,000	6cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 17: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	09:10	1	N	6,8	3,23	23,1	3,18	24,0	0,0	0,025	14cm
11/10/2015	09:10	2	N	6,7	4,02	23,7	3,90	23,6	0,0	0,025	16cm
11/10/2015	09:10	3	N	6,9	3,5	23,4	3,24	23,5	0,0	0,025	17cm
11/10/2015	09:10	4	N	7,2	5	24,2	5,30	24,5	1,5	0,000	7cm
11/10/2015	09:10	5	N	7,4	5,1	24,7	5,90	24,9	1,5	0,000	6cm
11/10/2015	09:10	6	N	7,1	5,09	24,9	5,50	24,9	1,0	0,000	8cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 18: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	11:07	1	N	N	4,2	24,5	3,9	25	0,00	0,025	20cm
11/10/2015	11:07	2	N	N	4,8	24,4	4,92	24,2	0,00	0,025	19cm
11/10/2015	11:07	3	N	N	5,25	24,1	4,98	24,1	0,00	0,025	20cm
11/10/2015	11:07	4	N	N	8,1	24,5	7,7	24,9	0,50	0,000	9cm
11/10/2015	11:07	5	N	N	7,1	24,1	7,93	25,2	1,50	0,000	9cm
11/10/2015	11:07	6	N	N	10,97	25,3	7,85	25,3	0,25	0,000	10cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 19: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	13:08	1	N	6,6	5,1	29,7	6,20	27,8	0,00	0,025	15cm
11/10/2015	13:08	2	N	7,1	5,5	25,9	6,40	25,2	0,00	0,025	16cm
11/10/2015	13:08	3	N	6,7	6,22	23,8	6,24	24,6	0,00	0,025	17cm
11/10/2015	13:08	4	N	7,3	8,6	25	7,90	25,5	1,50	0,000	7cm
11/10/2015	13:08	5	N	7,3	8,5	25,7	9,40	25,7	0,50	0,000	7cm
11/10/2015	13:08	6	N	7,2	8,2	25,7	9,62	25,5	0,00	0,000	8cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa

Tabela 20: Resultados das variáveis físicas e químicas das águas residuárias diárias no dia 11/10/2015, da ÁREA 2.

Data	Horário	Caixa	pH	pH colorímetro	OD fundo	T°C fundo	OD superfície	T°C superfície	amônia	nitrito	Disco de Secchi (cm)
11/10/2015	15:05	1	N	N	7,6	30,6	5,9	29	0	0,025	14cm
11/10/2015	15:05	2	N	N	5,92	26,6	6,78	24,9	0	0,025	14cm
11/10/2015	15:05	3	N	N	6,55	24,4	7,51	25,1	0	0,025	13cm
11/10/2015	15:05	4	N	N	8,22	25,1	10,01	25,4	2	0,000	6cm
11/10/2015	15:05	5	N	N	8,25	25,7	8,75	25,8	1,5	0,000	7cm
11/10/2015	15:05	6	N	N	8,35	25,4	8,96	25,3	1,5	0,000	9cm

*N- Não houve coleta da respectiva caixa