

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

LUCIANO FONTELA KOCK

**APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA
VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS:
ESTUDO DE CASO, LAGOA DA UFES, VITÓRIA – ES.**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

VITÓRIA
2009

LUCIANO FONTELA KOCK

**APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA
VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS:
ESTUDO DE CASO, LAGOA DA UFES, VITÓRIA – ES.**

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, do Departamento de Oceanografia e Ecologia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

VITÓRIA
2009

LUCIANO FONTELA KOCK

APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: ESTUDO DE CASO, LAGOA DA UFES, VITÓRIA – ES.

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, do Departamento de Oceanografia e Ecologia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Entregue em 01 de Dezembro de 2009

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso
Universidade Federal do Espírito Santo

M. Sc Fabíola Chrystian Oliveira Martins
Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia Ambiental (UFES)

Prof^a. Dra. Alessandra Delazari Barroso
Faculdade de Ciências da Saúde e Meio
Ambiente (FAESA)

APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS
DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: ESTUDO DE CASO, LAGOA DA UFES,
VITÓRIA – ES.

Por

Luciano Fontela Kock

Submetido como requisito parcial de obtenção de grau de

Oceanógrafo

na

Universidade Federal do Espírito Santo

Novembro de 2009

© Luciano Fontela Kock

Por meio deste, o autor confere ao Colegiado do curso de Oceanografia e ao Departamento de Oceanografia e Ecologia da UFES permissão para reproduzir e distribuir as cópias parciais ou totais deste documento de monografia para fins não comerciais.

Assinatura do Autor.....

Curso de graduação em Oceanografia
Universidade Federal do Espírito Santo
26 de novembro de 2009

Certificado por.....

Dr. Gilberto Fonseca Barroso
Orientador
CCHN/DOC/UFES

Certificado por.....

M.Sc Fabíola Chrystian Oliveira Martins
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental (UFES)
Examinadora

Certificado por.....

Dra. Alessandra Delazari Barroso
Examinadora
Faculdade de Ciências da Saúde e Meio Ambiente

Aceito por.....

Gilberto Fonseca Barroso
Prof. Adjunto/ Coordenador do Curso de Oceanografia
Universidade Federal do Espírito Santo
CCHN/ DOC/UFES

RESUMO

As lagoas de rasas, assim como as lagoas costeiras, formam ecossistemas altamente dinâmicos, controlados por processos físicos e biológicos e podem estar sujeitas diversas influências.

A lagoa do Campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Almor de Queiroz Araújo é uma lagoa artificial de baixa profundidade, e tem sido alvo de diversas pesquisas científicas. Desta forma, os sistemas de informações possibilitam integrar os dados provenientes dos estudos e criar modelos de visualização dessas informações. O presente estudo teve como objetivo a aplicação dos Sistemas de Informação para visualização de dados espaciais e temporais da lagoa da UFES a partir dos estudos pretéritos de Padilha (2007) e Lellis (2008), gerando um material informativo para ser disponibilizado na Internet.

O uso dos sistemas de informação permitiu para estas análises, uma prática interpretação da dinâmica nictemeral da lagoa baseado nos dados coletados pelos trabalhos em que este estudo é fundamentado, trazendo perspectivas futuras para o uso da visualização dos dados em perspectiva de volume, que poderá proporcionar maior clareza no entendimento do ambiente estudado, assim como novas ferramentas para a difusão do conhecimento.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Predominância dos ventos. Retirado de Lellis (2008) fundamentado nos dados extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)..... 22
- Figura 2:** Mapa batimétrico da lagoa do campus universitário Alaor de Queiroz (Vitória, ES) de acordo com o levantamento batimétrico feito por Barroso et al. (dados não publicados)..... 23
- Figura 3:** Representação das estações de amostragem feitas por Padilha (2007) e Lellis (2008) 24
- Figura 4:** variação horizontal dos parâmetros no período amostral feitos a partir dos seus coeficientes de variação. a) Novembro; b) Fevereiro; c) Abril; d) Julho. 30
- Figura 5:** Variação do vento durante as amostragens de 23 e 24 de novembro de 2007..... 31
- Figura 6:** Variação do vento durante as amostragens de 19 e 20 de fevereiro de 2008..... 31
- Figura 7:** Variação do vento durante as amostragens de 21 e 22 de abril de 2008. 32
- Figura 8:** Variação do vento durante as amostragens de 16 e 17 de julho de 2008 32
- Figura 9:** Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas 33
- Figura 10:** Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas 33
- Figura 11:** Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas 34
- Figura 12:** Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas;

b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	34
Figura 13: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	35
Figura 14: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	35
Figura 15: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	36
Figura 16: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	36
Figura 17: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	37
Figura 18: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	37
Figura 19: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	38
Figura 20: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	38

Figura 21: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	39
Figura 22: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	39
Figura 23: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	40
Figura 24: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas	40
Figura 25: Análise espacial das diferenças de temperatura entre a superfície e fundo da lagoa. a) amostragem de novembro; b) amostragem de fevereiro; c) amostragem de abril; d) amostragem de julho.....	41
Figura 26: Maiores concentrações de temperatura (°C) para a campanha do mês de novembro – superfície e fundo	42
Figura 27: Maiores concentrações de temperatura (°C) para a campanha do mês de fevereiro – superfície e fundo	42
Figura 28: Maiores concentrações de temperatura (°C) para a campanha do mês de abril – superfície e fundo	43
Figura 29: Maiores concentrações de temperatura (°C) para a campanha do mês de julho – superfície e fundo.....	43
Figura 30: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de novembro – superfície e fundo	44
Figura 31: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de fevereiro – superfície e fundo	45
Figura 32: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de abril – superfície e fundo.....	45

Figura 33: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de julho – superfície e fundo.....	46
Figura 34: Estrutura do sítio na Internet para a difusão de conhecimentos sobre lagoas costeiras. Fluxograma a ser utilizado para a elaboração da web site feito com base nos objetivos do escopo	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Datas das amostragens dos estudos de Padilha (2007) e Lellis (2008)...	25
Tabela 2: Objetivos do escopo para elaboração da web site	27
Tabela 3: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 23 e 24 de Novembro de 2007 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008)	28
Tabela 4: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 19 e 20 de Fevereiro de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008)	29
Tabela 5: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 21 e 22 de Abril de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008).	29
Tabela 6: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 19 e 20 de Fevereiro de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008)	30

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àquela que me viu com olhos de mãe, que me acolheu quando criança e ensinou valores que levarei para toda a vida. Presto minha gratidão para a mulher que me demonstrou amor até os últimos momentos de sua vida e reconheço que sem os seus cuidados não chegaria onde hoje estou. Mesmo não estando fisicamente presente em minha vida, gostaria de reafirmar o quanto seu zelo foi importante na formação do meu caráter, minha ética, minha fé e minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ajudar a trilhar rumo a este patamar da minha vida, sendo desde o principio com respeito ao próximo, dignidade e ética profissional.

A Nossa Senhora da Penha, por me fazer acreditar que tenho uma mãe que olha por mim e minha família, que intercede por minhas orações em todos os momentos. Desta forma me sinto confiante e confortável para trabalhar e progredir.

Meus agradecimentos ao Professor Gilberto Fonseca Barroso, que acreditou e apostou nesta proposta de trabalho, e, com seu jeito calmo e paciente me orientou, de forma que além de conseguir cumprir com os objetivos, me ajudou a gostar ainda mais da profissão Oceanógrafo.

Obrigado Graciella, meu amor, amiga e parceira, por estar ao meu lado em todos os momentos. Obrigado por ter apostado em mim para fazer parte da sua vida. Este trabalho expressa meu trabalho e minha dedicação aos nossos projetos pessoais. Você é a pessoa mais importante na minha vida.

Obrigado meu pai por muitas vezes ser orientador, consultor, amigo e por que não financiador de minha vida acadêmica... Obrigado por, mesmo sem querer, ter me dado a liberdade de ser quem eu sou e me deixar escolher os caminhos da minha vida. Isso construiu um valor que vou passar para seus netos, o de ter responsabilidade sobre os meus atos, saber escolher o que é melhor para mim, ter segurança nos momentos difíceis. Em fim, nossas dificuldades ajudaram a construir meu caráter.

Minha Tia Luiza, o maior coração da família Kock. Agradeço do fundo do coração por toda a sua ajuda para mim e minha família. As coisas seriam mais difíceis sem você.

Não poderia deixar de agradecer a toda parte da minha família que me apoiou e torceu por mim, e mesmo aqueles que, franzindo a testa, se perguntaram: o que é Oceanógrafo? Mas hoje confiam na minha profissão. Obrigado aos meus primos: Pimpolho, Ana Luiza e Sílica, assim como minha tia e madrinha Nadir pelo apoio familiar.

Valeu ao pessoal do churrasco, do podrão, da batatinha, em fim, dessas coisas me ajudaram a chegar aos 75 quilos durante minha graduação, agora posso dizer que engordei antes de casar, valeu Henrique, Fagner e David. Tenho certeza que vocês serão grandes amigos e profissionais.

Obrigado ao pessoal do Limnolab por fazer o tempo de trabalho se tornar agradável e prazeroso, valeu novamente Gilberto e Henrique, Fernando Zorzal, Alexandre, Felipe Serrano pelas varias dicas de ArcGis, Fabíola por me ajudar nos textos e pelas dicas, Thiago, Larissa, Paulo Augusto e ao Pedrinho por me ajudar com seus dados.

Obrigado a Priscila Guaitolini pela ajuda nos gráficos e pelas dicas no Matlab.

O pessoal do Ictiolab, Labsan e do IEMA, jamais esquecerei das minhas experiências de trabalho e das pessoas que conheci, todas somaram muito para o meu conhecimento. Obrigado ao Professor Jean-Christophe pela ótima experiência de trabalho. Valeu Aline e Danny, adorei trabalhar com vocês, espero poder vê-los mais vezes.

Pessoal da maricultura. Mamaik, Luiz Fernando e Iris, agradeço por ter trabalhado com pessoas tão brilhantes. Ótimos tempos, péssimas dores nas costas.

Aos professores do atual Departamento de Oceanografia e Ecologia (DOC), que ajudaram na minha formação. Destaque para Jean-Christophe Joyeux, Luiz Fernando Schettino, Gilberto Fonseca Barroso e Valeria Quaresma.

Ao pessoal da secretaria do DOC, pelos vários cafezinhos e papos jogados fora. Valeu Wallace e Caetano.

Agradecimentos especiais ao Fundação de Apoio a Ciência e tecnologia do Espírito Santo (FAPES), que financiou o trabalho e a todo pessoal do projeto de Difusão do Conhecimento.

Os ausentes, os que participaram na minha formação de vida e acadêmica, ficam minhas orações de eterna gratidão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 ASPECTOS GERAIS E VULNERABILIDADE DAS LAGOAS COSTEIRAS.....	14
1.2 APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E SUA UTILIDADE COMO FERRAMENTA PARA VISUALIZAÇÃO DE DADOS E DIFUSÃO DE CONHECIMENTO.....	17
2 OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3 ÁREA DE ESTUDO.....	22
4 METODOLOGIA.....	24
5 RESULTADOS	28
6 DISCUSSÃO	48
7 CONCLUSÃO.....	52
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos Gerais e Vulnerabilidade das Lagoas Costeiras

No âmbito dos subsistemas que compõe a paisagem costeira, as áreas úmidas são destacadas como sistemas chave devido a sua importância e valor para a sociedade, como por exemplo as lagoas costeiras (BARROSO, 2007).

De maneira geral, lagoas costeiras são consideradas como massas de água localizadas às margens do continente, orientados de modo paralelo ou perpendicular à linha de costa, de pouca profundidade e sobre depósitos sedimentares marinhos formados durante o período do Quaternário (BIRD, 1994).

Esteves (1998) sugere que os principais processos formadores de lagoas costeiras são: isolamento de enseada marinha ou braços de mar, através de cordões de areia; fechamento de desembocadura de rios por sedimentos marinhos, recifes de corais ou sedimentos fluviomarinhas; e as lagoas formadas nas depressões entre faixas de areia, constituindo as restingas. Via de regra, a maioria das lagoas costeiras no Brasil tem sua formação ligada ao primeiro processo citado, onde, a evolução ocorre a partir de processos transgressivos do nível do mar, ocorridos desde o Pleistoceno (ESTEVES, 1998) até os últimos dois mil anos no Holoceno, quando ocorreu a formação de, notadamente, grande parte das lagoas costeiras do sul da Bahia, do Espírito Santo e do Rio Grande do Sul.

As lagoas de profundidades reduzidas, assim como as lagoas costeiras, formam ecossistemas altamente dinâmicos, controlados por processos físicos e podem estar sujeitos a influências marinhas e continentais (KJERFVE, 1994), nos quais podem-se destacar: marés; ventos; radiação solar; afluentes e o regime pluvial. Além das influências externas, a dinâmica desses ambientes está inteiramente ligada a sua morfometria, exercendo papel fundamental no regime de circulação dos nutrientes, além dos parâmetros físico químicos e biológicos (WETZEL, 1981).

Além das influências naturais, as lagoas podem estar, muitas vezes, sujeitas a influências antrópicas decorrentes dos diversos usos de suas águas, já que de

acordo com Esteves (1998), este ambiente possui alta produtividade e é alvo de exploração por meio da pesca, aquicultura, além do lazer, navegação, entre outros.

Todos estes fatores que influenciam na dinâmica das lagoas costeiras, sejam naturais ou antrópicos, irão ditar o ritmo de eutrofização do ambiente. O termo eutrofia, de acordo com Wetzel (1981), é originado a partir do adjetivo alemão *eutrophe*, que é referido geralmente à riqueza de nutrientes. Esteves (1998) define eutrofização como um aumento da concentração de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio), nos ecossistemas aquáticos, havendo como consequência o aumento na produtividade, passando, portanto, do seu estado oligotrófico e mesotrófico para o eutrófico ou até mesmo hipereutrófico. De maneira geral, a eutrofização ocorre naturalmente nas lagoas, como um processo lento e contínuo resultado do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais, porém, os impactos antrópicos sobre esse ambiente, aceleram o processo, resultando no que Esteves e Barbosa (1986) denominam de Eutrofização Artificial, Cultural ou Antrópica.

O processo induzido de eutrofização nas lagoas está diretamente relacionado a fatores como aumento da população, da industrialização, do uso de fertilizantes químicos, dentre outros, que resultam na liberação de nutrientes estimuladores de produção, principalmente fosfato e nitrogênio. Como principais agentes contribuintes para este processo, pode-se citar:

- Os efluentes domésticos, nos quais estão contidos grandes concentrações de polifosfatados, carbonatos e silicatos provenientes dos detergentes sintéticos que são utilizados para solubilizar gorduras e impurezas, e dos próprios excrementos humanos, que além dos agravantes sanitários, possuem grandes concentrações de fósforo e nitrogênio;
- Os efluentes industriais, que por sua vez podem provocar alterações nos níveis dos nutrientes e da temperatura dos lagos;
- Os efluentes de atividades agrícolas representam grandes fontes de fosfato e nitrogênio para os ecossistemas lacustres, uma vez que nas culturas, geralmente, são utilizados fertilizantes a base de superfosfatos, que podem ser lixiviados na parte superior do solo pelas chuvas, ou sofrer a percolação de nutrientes solúveis no solo até atingir a lagoa (ESTEVES, 1998).

O estudo limnológico das lagoas possui grande relevância, tanto no que diz respeito à praticidade dos resultados para uma adequada utilização do sistema, como pela disponibilidade de desenvolvimento teórico da limnologia brasileira.

Com este propósito, a lagoa do Campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Alvor de Queiroz Araújo tem sido alvo de diversas pesquisas científicas, incluindo publicações e monografias de graduação, nas quais, trouxeram importantes dados e resultados para o melhor entendimento do ambiente, sobretudo, de uma lagoa artificial de baixa profundidade.

Perrone (1997) fez um diagnóstico ambiental da lagoa através da morfometria e concentrações de matéria orgânica no sedimento e sólidos em suspensão. Desta forma, o autor descreveu a lagoa como um sistema raso, com profundidade média de 118 cm e máxima de 170 cm. A área calculada foi de 1.4 ha, totalizando um volume de água de $1.7 \times 10^6 \text{ m}^3$. O formato mais arredondado do perímetro da lagoa é representado por um baixo índice de desenvolvimento de margem (1,2).

A partir do ano de 2002, a lagoa passou a ser alvo de pelo menos um trabalho de conclusão de curso de graduação até os dias atuais, aumentando consideravelmente a contribuição dos estudos para o entendimento da dinâmica deste ambiente. Desta forma, naquele ano, Martins (2002) e Semionato (2002) descreveram, em trabalhos distintos, a estrutura do perífiton em substratos natural e artificial respectivamente, e o utilizou como bioindicadores da qualidade da água. A partir dos resultados apresentados nos trabalhos, ambos encontraram sinais do processo de eutrofização artificial, sobretudo pela presença de táxons de microalgas indicadores de poluição e elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na subsuperfície, assim como elevados valores de condutividade elétrica e turbidez.

As contribuições para os estudos limnológicos tiveram continuidade no ano seguinte. Batista (2003) fez uma estimativa da produtividade primária fitoplanctônica da lagoa. Apesar dos trabalhos anteriores indicarem o estado eutrófico da lagoa, este constata valores não esperados para a produtividade primária bruta e líquida, com valores de 2,3 e 2,1 $\text{gC/m}^3/\text{h}$ respectivamente.

Ramos (2004) utilizou como indicadores para avaliar a qualidade ambiental da lagoa a concentração de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio no sedimento e na coluna d'água. O autor do trabalho classifica a lagoa, de acordo com os dados coletados,

como hipereutrífica. Dentre os resultados apresentados, destaca-se a concentração de matéria orgânica no sedimento nos primeiros 5 cm de testemunho, chegando a 19,9% peso seco, caracterizando um sedimento orgânico.

No ano seguinte, a fim de avaliar a dinâmica do oxigênio dissolvido na coluna d'água em um ciclo diurno, Vargas (2005) relaciona este parâmetro com a dinâmica do pH, e secundariamente com fatores como: temperatura, transparência, clorofila a e nutrientes. Para isto, a autora realizou trabalhos de campo e laboratório (microcosmos). O estudo com os microcosmos visaram avaliar a interação sedimento-coluna d'água em relação à dinâmica do oxigênio dissolvido.

Santos (2005) analisou a distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica, relacionando com o metabolismo e a qualidade ecológica do ecossistema. O autor conclui que a comunidade fitoplanctônica possui uma distribuição vertical relativamente uniforme em cada período amostral, devido principalmente, ao regime de mistura da água e a disponibilidade de luz em toda a coluna d'água.

Adiante, Silva (2006) com objetivo de determinar o estado trófico do ambiente aplica índices multidimensionais, como o índice de Carlson (1997) e o mesmo índice modificado por Toledo (1983) caracterizando a lagoa como hipereutrífica.

Padilha (2007) e Lélis (2008) estudaram a dinâmica da estratificação térmica em amostragens nictemerais. O primeiro estudo objetivou analisar a dinâmica espacial e temporal do perfil térmico da coluna d'água, enquanto o segundo buscou relacionar esta dinâmica com condições meteorológicas durante a amostragem. Os trabalhos concluíram que a morfometria e o clima local influenciam de forma direta no padrão de estratificação térmica da lagoa. Por fim, estes estudos levantaram uma série espaço-temporal de dados, no qual foi possível montar um banco de dados com a variação dos parâmetros de oxigênio dissolvido e temperatura no período de 24 hs em oito estações amostrais.

1.2 Aplicabilidade da Tecnologia de Informação e sua Utilidade como Ferramenta para Visualização de Dados e Difusão de Conhecimento

Laudon & Laudon (1999) afirmam que um sistema de informação (SI), pode ser definido como um conjunto de componentes inter-relacionados e sistematizados para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informação com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em organizações. De modo geral, os SIs transformam a informação coletada em uma forma utilizável para a coordenação e/ou tomadas de decisões dentro de uma organização. O SI desenvolve este processo através de um ciclo de três atividades básicas: entrada, processamento e saída.

A entrada, ou *input*, envolve a fase de coleta dos dados brutos, no qual será armazenado em um banco de dados estruturado da melhor maneira possível pelo profissional de Tecnologia de Informação (TI). O processamento trabalha na conversão destes dados em informação útil e apropriada. Logo, a saída, ou *output*, envolverá a transferência da informação processada às pessoas ou atividades que a usarão. Como este processo envolve um ciclo, a retroalimentação, ou, *feedback*, é a saída que retorna aos membros adequados da organização para ajudá-los a refinar ou corrigir os dados de entrada (LAUDON & LAUDON, 1999).

Este ciclo conjuga um grande número de operações e análises, como por exemplo, a correção e filtragem de dados, armazenamento e recuperação de informações, conhecimento de linguagens de programação que são utilizadas por profissionais que possuem um considerável conhecimento em computadores junto a sua área de estudo, como neste caso o estudo de ambientes lacustres. No entanto, com o advento da comunicação dos computadores interligados por redes, principalmente pela Internet, abre-se uma nova forma de compartilhamento de informações, permitindo uma interface entre usuários comuns e especializados, tornando menos restrito, portanto, o processo de tomada de decisão.

No que tange a visualização de dados, os SIs podem contribuir para o desenvolvimento da difusão de conhecimento através de técnicas e ferramentas necessárias para a exploração de dados e informações, disponibilizando-os graficamente. No presente contexto, o SI se enquadra na definição da Visualização Científica, que consiste no processo de transformar dados numéricos em imagens para o melhor entendimento dos estudos científicos (EARNSHAW, 1992 *apud* da SILVA, 2006).

Dentre as várias TIs disponíveis atualmente, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) constituem o principal elemento de fusão dos esforços de integração de dados e análise espacial (BONETTI, 2007). O mesmo autor conceitua o SIG como conjunto integrado de hardware, software, dados espaciais e procedimentos estruturados para adquirir, armazenar, manipular, resgatar, analisar, exibir e emitir relatórios relativos a dados de entrada georreferenciados. Esta definição reflete a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e aponta para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. Desta forma, Assad e Sano (1998) indicam as principais características de SIG, sendo: integrar, numa única base de dados, as informações provenientes de estudos e oferecer mecanismos para combinar as várias informações, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados.

O presente trabalho é sultante do projeto “Difusão, ensino e aprendizagem de astronomia e ciências em espaços de educação não-formal e por meio do uso de tecnologias de informação e comunicação” financiado pela Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - FAPES, e com base nos conceitos descritos se propõe à aplicação dos sistemas de informação a fim de integrar estudos avaliativos de ambientes lacustres, tendo como estudo de caso a Lagoa da UFES e seus dados coletados e armazenados em estudos pretéritos, desenvolvendo uma ferramenta para a visualização de dados científicos e difusão de conhecimento.

Os SIs aplicados na visualização de dados busca uma alternativa para a difusão do conhecimento, em que, para a comunidade acadêmica, para os formuladores de políticas públicas e para a sociedade de uma forma geral, que podem adquirir o conhecimento aproveitando o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais sofisticadas e ferramentas multimídias que estimulam os sentidos do público alvo.

Esta abordagem tem sido desenvolvida para lagos norte americanos conforme os exemplos de: Lake Tahoe Data Clearinghouse¹ (2009), Crater Lake Data Clearinghouse² (2009), Great Lakes Science Center³ (2009), aplicados por U.S.

¹ Disponível em: <http://tahoe.usgs.gov>

² Disponível em: <http://www.oregonexplorer.info/craterlake>

³ Disponível em: <http://www.glsc.usgs.gov>

Geological Survey, disponibilizando gráficos, imagens e diversas informações de interesse acadêmico e do público geral.

Bonneti (2007) enumera os benefícios usualmente associados ao emprego do SI ao estudo integrado de áreas costeiras:

(1) habilidade de manipulação de amplas bases de dados oriundas de fontes diferentes; (2) apoio no estabelecimento de padrões para o intercâmbio de dados; (3) disponibilização de alternativas de modelos para a geração de cenários espaciais para testes e comparação de hipóteses.

Neste sentido, Marcovitch (2002) enfatiza que os SIs são essenciais para o avanço e a difusão do conhecimento e que vivemos um momento de surgimento de tecnologias cada vez mais sofisticadas na revolução digital, capazes de afetar profundamente a vida acadêmica.

Contudo, levando em conta esta tendência e tendo em vista os benefícios da inclusão destas tecnologias nos estudos acadêmicos, torna-se essencial o avanço deste ramo de pesquisa, seja como ferramenta para o monitoramento ambiental e tomada de decisões, ou para a difusão do conhecimento gerado pela pesquisa científica, favorecendo o entendimento de temas ambientais e promovendo a mudança de comportamento do homem para com a natureza.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Aplicar os Sistemas de Informação para visualização de dados espaciais e temporais da lagoa da UFES, como subsídio para a difusão do conhecimento.

2.2 Objetivos específicos

- Criar modelos de superfície contínua para representação e análise espacial e temporal, a partir de dados limnológicos (temperatura e oxigênio) pretéritos dos estudos de Padilha (2007) e Lélis (2008), para a lagoa da UFES;
- Desenvolver aplicações de análise espacial para determinação de áreas críticas de processos limnológicos na lagoa.
- Formar um produto de maior facilidade de síntese, que possa ser utilizado como material informativo, de forma que o conhecimento seja passado de forma clara e acessível;
- Elaborar um modelo de web site para difusão do conhecimento dos produtos de pesquisa

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se na região costeira centro-sul do Espírito Santo, no município de Vitória. O município possui um clima tropical chuvoso, em que geralmente a temperatura é superior a 20°C, com redução na pluviosidade durante os meses de maio a agosto. Os ventos predominantes no litoral são provenientes do quadrante nordeste, seguindo-se dos que sopram de sudoeste, de norte e de leste (COSTA, 1992).

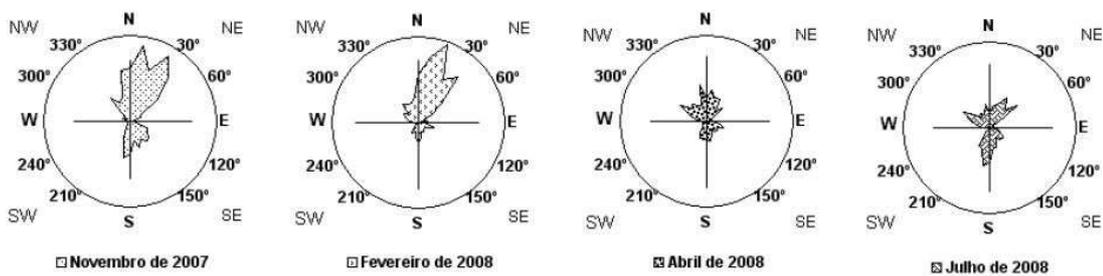


Figura 1: Predominância dos ventos. Retirado de Lellis (2008) fundamentado nos dados extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A lagoa possui uma área de aproximadamente 1,4 ha e volume de $1,7 \times 10^6$ m³. Estando localizada no campus Almor Queiroz de Araújo no bairro Goiabeiras (Vitória - ES), a 20° 16' 41" S e 40° 18' 10" W, a lagoa constitui um ambiente raso, onde sua profundidade possui média inferior a 1,0 m. De acordo com o levantamento batimétrico realizado a lagoa apresenta um fundo predominantemente plano, ocorrendo um aumento da profundidade junto ao meio da lagoa em direção ao anel viário, sendo que na margem oposta, onde a lagoa encontra-se mais protegida pela vegetação, predomina uma região de menor profundidade, conforme a figura 2. (BARROSO et al., dados não publicados).

No entanto, trabalhos anteriores descreveram profundidades médias pouco maiores, como o de Padilha (2007) que cita 1,20 m, sendo assim, a profundidade da lagoa pode variar de acordo com o regime de chuvas.

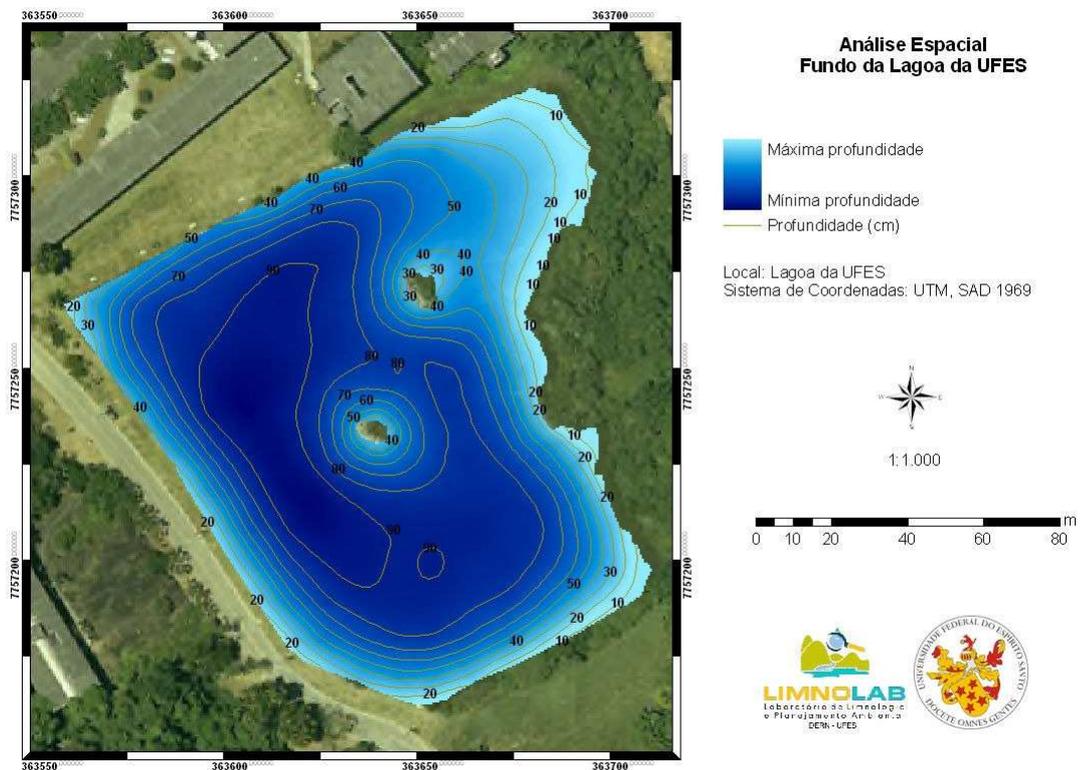


Figura 2: Mapa batimétrico da lagoa do campus universitário Alaor de Queiroz (Vitória, ES) de acordo com o levantamento batimétrico feito por Barroso et al. (dados não publicados).

A lagoa da UFES é um ambiente artificial, formado no início da década de 80 durante as obras de ampliação do Campus para fins de ocupação e componente estético da paisagem local. Nesta época, durante as obras de ampliação do Campus, foi observada uma lâmina de água salobra durante a construção da Biblioteca Central, Restaurante Universitário e Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas (CCJE). A extensão alagada de reduzida profundidade e formato relativamente arredondado formou uma lagoa entre estas edificações e o anel viário. Este anel viário represou o escoamento natural que passou a ser canalizado através de manilhas para o Canal da Passagem (Perrone, 1997).

No início dos anos 90, a lagoa sofreu forte processo de eutrofização resultante do aporte de efluentes dos prédios do entorno, tendo como consequência a dominância de macrófitas aquáticas como *Typha domingensis* (i.e., taboa) e *Lemnea minor*.

4. METODOLOGIA

O estudo é fundamentado nos trabalhos de monografia de Padilha (2007) e Lélis (2008) descritos anteriormente, e toma como base os dados coletados das oito estações amostrais destes estudos, como visto na figura 3.

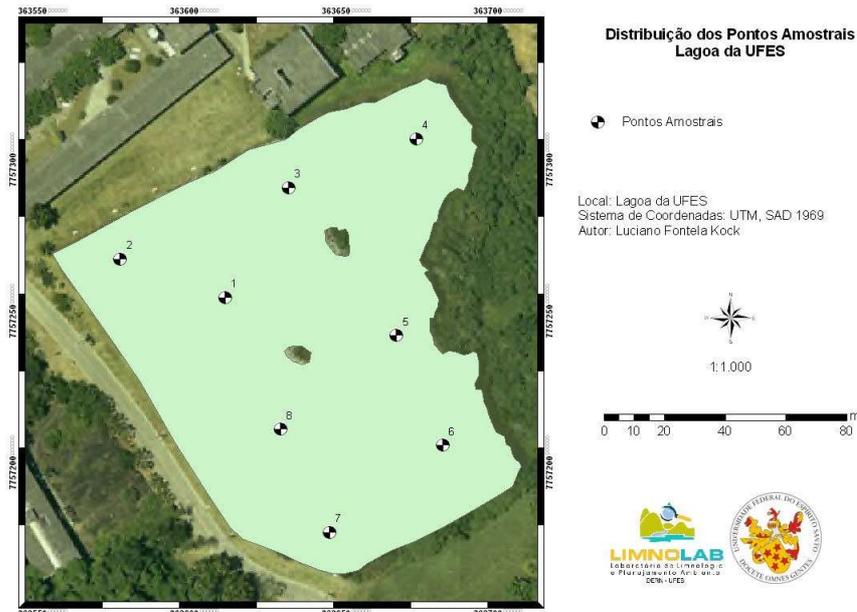


Figura 3: Representação das estações de amostragem feitas por Padilha (2007) e Lellis (2008).

Deste modo, o desenvolvimento do trabalho foi realizado em três etapas descritas a seguir:

- Etapa 1 – Organização e georeferenciamento dos dados limnológicos e meteorológicos (ventos):

A primeira etapa do trabalho foi destinada à organização dos dados utilizados com o software Microsoft Excel. Para o procedimento, foram considerados os dados de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/l) para superfície e fundo da lagoa, coletados em intervalos de seis horas em oito estações amostrais, ou seja, para cada ponto nas coordenadas cartográficas (Sistema Universal Transversa de Mercator – UTM, *datum South America* 1969), em um determinado horário, a tabela guarda os parâmetros citados para serem posteriormente exportadas no formato dbf (dBASE IV) e convertidas para o arquivo *shapefile* de pontos, *Software ArcGIS 9.2*

ESRI®. As coordenadas das estações de amostragem foram determinadas com o receptor DGPS Trimble GeoXT.

Datas das Amostragens				
	Primeira Amostragem	Segunda Amostragem	Terceira Amostragem	Quarta Amostragem
Datas	23, 24/11/2007	19, 20/02/2008	21, 22/04/2008	16, 17/07/2008

Tabela 1: Datas das amostragens dos estudos de Padilha (2007) e Lellis (2008).

Os dados de vento utilizados pelo estudo foram medidos pela estação de superfície automática A-612 (Unidade Vitória-ES) localizado a, aproximadamente, 20 Km da área de estudo e coletados pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

- Etapa 2 - Desenvolvimento dos modelos de superfície contínua e análise espacial e temporal dos dados

Terminada a organização dos dados, o trabalho teve início a análise espacial e temporal dos dados a partir do *shapefile* de pontos, inseridos no software ESRI ArcGis 9.2, que a partir de sua ferramenta Spatial Analyst, possui dentre outras a capacidade de gerar uma superfície contínua através da interpolação dos dados por diversos métodos. Neste caso utilizou-se o *Inverse Distance Weighted (IDW)*. De acordo com McCoy & Johnston (2002), o método de interpolação IDW é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada ponto amostral tem uma influência, ou peso local que diminui com a distância. Este método admite que os pontos mais próximos para o processamento da célula, influenciam mais fortemente que aqueles mais afastados, desta forma, o método estima o valor de cada célula pela média ponderada dos valores dos pontos estudados

Para a interpolação dos oito pontos amostrais, o IDW foi aplicado com uma potência (*power*) de 3,5 a fim de suavizar o *raster*⁴ gerado, e, devido ao baixo índice de desenvolvimento de margem apresentado pela lagoa, a interpolação foi feita de modo que todos os pontos sofressem influência entre si, portanto, o raio de interação de cada ponto foi de 130 metros, que é a maior distância entre os pontos.

⁴ *rasters* são imagens que contém a descrição de cada *pixel*, em oposição aos gráficos vetoriais (Ramos, 2005).

A formação dos arquivos *rasters* permite que os dados sejam observados como uma imagem, na qual pode-se definir escalas de cores para as concentrações dos parâmetros estudados. No presente estudo foram gerados gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido para a superfície e para o fundo da lagoa e a análise espacial dos parâmetros de temperatura e oxigênio dissolvido.

A análise espacial da lagoa se fez seguindo o proposto por Ramos (2005) de modo que os mapas sejam comparáveis entre si, portanto, as escalas de cores seguem um padrão de variação onde todos os mapas possuem um mesmo mínimo e máximo de concentração de um parâmetro com uma mesma cor. Neste caso, as escalas possuem um mínimo e máximo de 22,0°C a 34,0°C para temperatura e 0 mg/l a 18,0 mg/l para oxigênio dissolvido, sendo estes valores, os aproximados dos extremos coletados nos trabalhos.

Com auxílio do Spatial Analyst, foi possível ainda fazer comparações entre dois ou mais *rasters*, ou seja, é possível delimitar por meio de sobreposições, áreas de maiores e menores concentrações de determinado parâmetro, possibilitando aprimorar a análise espacial.

- Etapa 3 – Desenvolvimento de material para difusão do conhecimento

Para alcançar o objetivo de transferir estas informações de forma mais amigável e dinâmica, os mapas gerados nas etapas anteriores foram integrados em animações temporais para representar as mudanças de atributos e localização de feições ao longo dos mapas, e nelas, ao longo do período temporal representado, é possível ilustrar as mudanças dos parâmetros de temperatura e oxigênio na variação nictemeral.

Esta transformação foi feita com auxílio do *software* Morpheus Photo Animation Suíte, no qual possui licença gratuita para teste e consiste basicamente na utilização de dois *key frames*, ou seja, primeiramente uma imagem ou mapa inicial e em seguida uma imagem pós transformação. Desta maneira, o processo de transição entre duas imagens se fez com 60 *frames* (quadros), ou seja, para ilustrar a variação dos parâmetros medidos na lagoa no período de seis horas (intervalo entre duas amostragens), foram gerados 60 quadros intermediários, percorrendo um tempo de 4 segundos.

Com o auxílio de editores de vídeo foi feita a junção das animações geradas entre dois mapas amostrais e feito o acabamento para demonstrar a variação dos parâmetro estudados em um período de 24 horas. Finalmente, o produto final foi elaborado com uma dimensão de 640x480 *pixels*, exportados na extensão AVI (*Audio Video Interleave*) sem nenhuma compressão e tamanho para alocação em memória inferior a 1 MB.

Finalmente, o conteúdo gerado poderá ser publicado na *web site* proposta por este estudo, de acordo com o escopo apresentado pela tabela 2.

Tabela 2: Objetivos do escopo para elaboração da web site.

Declaração do Escopo	
Produto Final	Site Institucional.
Objetivos, problemas a resolver	Difundir o conhecimento, estender a pesquisa científica para a comunidade com linguagem acessível e meios multimídia.
Descrição do produto	O site poderá ser elaborado em linguagem simples (HTML), com animações que objetivam o usuário a se interessar pelo conteúdo. Haverá a necessidade de elaborar um banco de dados e imagens em MySQL para organizar os produtos dos estudos.
Principal diferencial a ser explorado	Disponibilizar materiais e resultados dos trabalhos de pesquisa científica, assim como materiais didáticos dos ecossistemas costeiros aquáticos.
Subprodutos e serviços adicionais	Mecanismo para educação ambiental, formação e informação do ecossistema estudado; Divulgação dos estudos científicos.
Características especiais do produto para o usuário	Produto se destaca pela possibilidade de valoração de ambientes alvos de vários estudos científicos e grande proximidade do meio científico e do meio urbano.
Publico alvo	Usuários interessados em questões ambientais sobre lagoas como, por exemplo, conservação, poluição e funcionamento dos ecossistemas.
Principais Usuários	Docentes e discentes de ensino médio e superior
Funcionalidades especiais	Melhor visualização resoluções 800 X 600 e 1024 X 768; Monitores de 15" ou maiores, sem rolagem horizontal; Sistemas operacionais: Windows 7, Vista, XP, Linux, Mac OS 10 ou mais recente; browsers: Internet Explorer 6.01 ou mais recente, Firefox Mozilla 2.0 ou mais recente, Opera, Safari (Macintosh OS); arquivos para download formatados preferencialmente em PDF. É necessário o usuário habilitar Javascript 1.1 no browser; não usar frames, não usar mapas de imagens (caso estes recursos sejam usados, o layout e as funcionalidades se mantêm estruturadas). CSS externo.

5. RESULTADOS

A partir dos dados organizados e exportados para o ArcGis 9.2, inicialmente foram extraídas as informações estatísticas buscando saber o valor mínimo, o valor máximo, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das variáveis das oito estações de cada período de amostragem (novembro/07, fevereiro/08, abril/08 e julho/08) na superfície e no fundo da lagoa, como visto nas tabelas 3, 4, 5 e 6.

Na tabela 3 observa-se, para o oxigênio dissolvido, os maiores valores na variação horizontal, atingindo valor superior a 16% (de acordo com o coeficiente de variação) e concentração máxima de 18,1 mg/l na amostragem das 16 horas, que corresponde a 235,7 % de saturação, ao passo que para a temperatura, a maior variação horizontal foi de 2,20 % às 4 horas e o maior valor encontrado foi de 32,5 °C às 16 horas.

A tabela 4 apresenta, para o mês de fevereiro, uma relevante homogeneidade dos dados, principalmente nos horários de 10 e 16 horas. A variação horizontal do oxigênio dissolvido supera os 16% na amostragem das 22 horas no fundo da lagoa.

As estatísticas descritivas para os meses de abril e julho encontram-se nas tabelas 5 e 6 respectivamente.

Tabela 3: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 23 e 24 de Novembro de 2007 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008).

		Horários							
		10 h		16 h		22 h		04 h	
		(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)
Mínimo	Sup.	24,80	9,50	30,50	11,50	27,60	10,0	24,80	7,75
	Fundo	24,40	7,78	28,80	11,24	27,40	9,90	24,80	6,80
Máximo	Sup.	26,40	11,09	32,50	14,40	28,70	13,10	26,10	10,00
	Fundo	26,10	11,60	32,50	18,10	28,80	13,00	26,10	9,75
Média	Sup.	25,72	10,08	31,29	13,13	28,16	11,40	25,45	8,39
	Fundo	25,07	9,91	30,70	14,05	28,16	11,45	25,51	8,23
Desvio Padrão	Sup.	0,55	0,55	0,65	1,02	0,46	0,95	0,55	0,81
	Fundo	0,57	1,05	1,31	2,35	0,51	1,27	0,52	0,99
Coeficiente de Variação (%)	Sup.	2,10	5,50	2,10	7,80	1,60	8,30	2,20	9,70
	Fundo	2,30	10,60	4,30	16,70	1,80	11,10	2,00	12,00

Tabela 4: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 19 e 20 de Fevereiro de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008).

		Horários							
		10 h		16 h		22 h		04 h	
		(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)
Mínimo	Sup.	30,70	8,80	32,20	9,20	30,30	6,80	28,50	4,70
	Fundo	30,20	8,80	32,00	9,40	30,30	6,30	28,70	4,90
Máximo	Sup.	31,80	10,40	32,30	12,50	30,80	9,10	29,40	6,60
	Fundo	32,90	11,00	32,40	12,40	30,90	9,50	29,40	6,70
Média	Sup.	31,44	9,50	32,24	11,14	30,50	7,79	29,01	5,60
	Fundo	30,99	9,77	32,24	11,19	30,55	7,71	29,07	5,59
Desvio Padrão	Sup.	0,46	0,55	0,09	1,22	0,16	0,92	0,31	0,62
	Fundo	0,60	0,66	0,12	1,19	0,20	1,24	0,25	0,68
Coeficiente de Variação (%)	Sup.	1,50	5,80	0,30	11,00	0,50	11,80	1,10	11,10
	Fundo	1,90	6,80	0,40	10,60	0,70	16,10	0,90	12,20

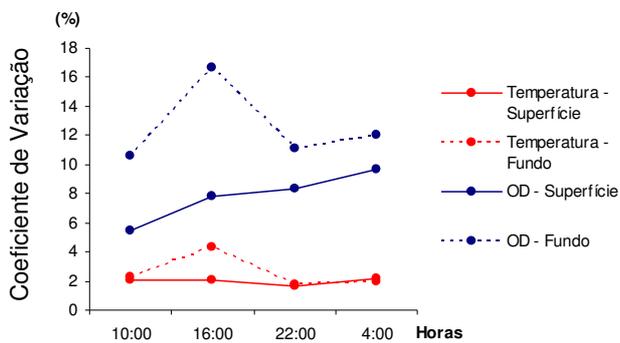
Tabela 5: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 21 e 22 de Abril de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008).

		Horários							
		10 h		16 h		22 h		04 h	
		(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)
Mínimo	Sup.	28,47	9,90	30,79	11,47	29,35	9,00	28,32	6,58
	Fundo	28,10	8,35	29,60	11,30	29,40	8,62	28,36	6,25
Máximo	Sup.	30,34	11,44	31,36	13,19	29,55	11,73	28,63	8,83
	Fundo	30,00	11,50	31,40	13,99	29,53	11,39	28,71	8,95
Média	Sup.	29,46	10,83	31,00	12,19	29,46	10,19	28,44	7,94
	Fundo	28,81	10,11	30,56	12,49	29,50	10,20	28,46	7,63
Desvio Padrão	Sup.	0,72	0,47	0,17	0,62	0,06	0,95	0,09	0,82
	Fundo	0,81	1,03	0,54	0,80	0,04	1,09	0,11	0,97
Coeficiente de Variação (%)	Sup.	2,40	4,30	0,50	5,10	0,20	9,30	0,30	10,30
	Fundo	2,80	10,20	1,80	6,40	0,10	10,70	0,40	12,70

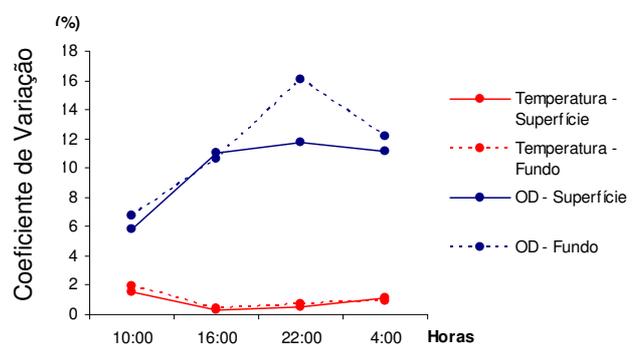
Tabela 6: Estatística descritiva dos dados de temperatura e oxigênio dissolvido para os dias 16 e 17 de julho de 2008 levantados por Padilha (2007) e Lellis (2008).

		Horários							
		10 h		16 h		22 h		04 h	
		(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)
Mínimo	Sup.	23,23	7,28	25,24	8,40	23,55	6,68	22,00	5,23
	Fundo	22,90	5,80	24,20	8,50	23,55	6,71	22,00	4,97
Máximo	Sup.	24,81	9,14	25,76	10,00	24,07	8,70	22,72	7,30
	Fundo	23,78	8,33	25,51	10,80	24,09	8,55	22,72	7,21
Média	Sup.	24,16	8,05	25,54	9,40	23,78	7,50	22,29	6,41
	Fundo	23,36	7,14	24,91	9,59	23,79	7,47	22,33	6,14
Desvio Padrão	Sup.	0,50	0,58	0,20	0,57	0,22	0,68	0,26	0,68
	Fundo	0,29	0,90	0,49	0,76	0,22	0,64	0,27	0,70
Coeficiente de Variação (%)	Sup.	2,10	7,20	0,80	6,10	0,90	9,10	1,20	10,60
	Fundo	1,20	12,60	2,00	7,90	0,90	8,60	1,20	11,40

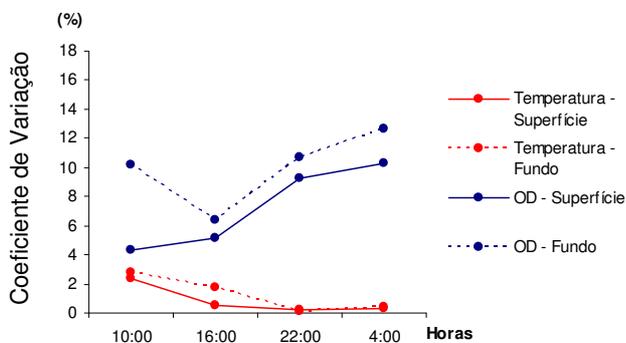
Na figura 4, observa-se o comportamento dos coeficientes de variação horizontal para os meses estudados.



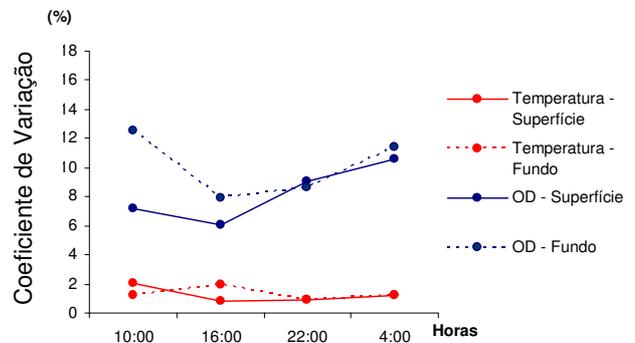
(a) Novembro/ 2007



(b) Fevereiro/ 2008



(c) Abril/ 2008



(d) Julho/ 2008

Figura 4: variação horizontal dos parâmetros no período amostral, feitos a partir dos seus coeficientes de variação. a) Novembro; b) Fevereiro; c) Abril; d) Julho.

As figuras de 5, 6, 7 e 8 mostram o comportamento das direções dos ventos ao longo dos dias de amostragem. Observam-se nas figuras, os vetores com a direção e intensidade do vento no eixo y.

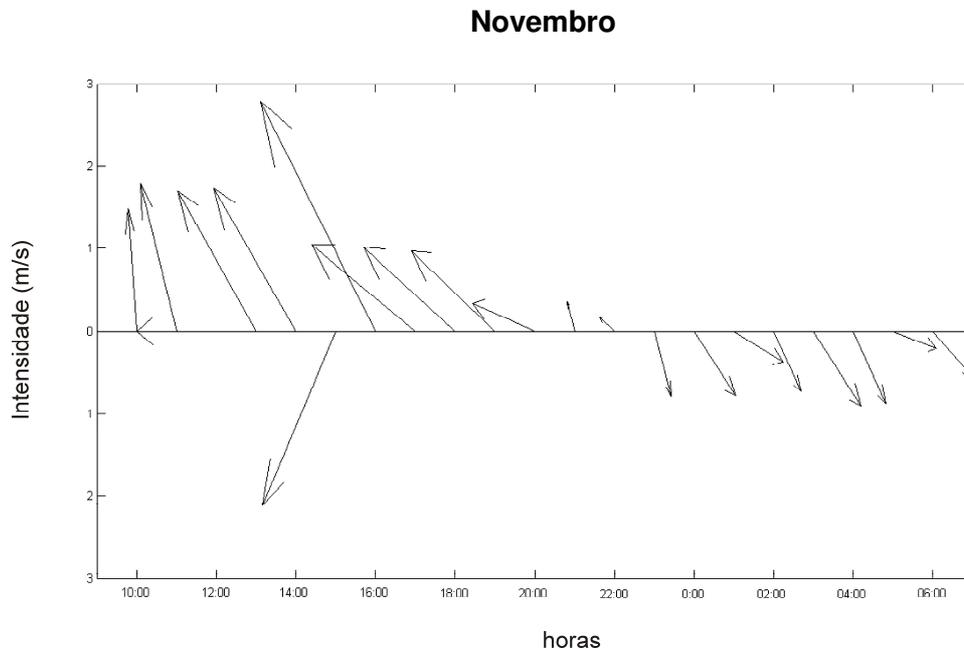


Figura 5: Variação do vento durante as amostragens de 23 e 24 de novembro de 2007.

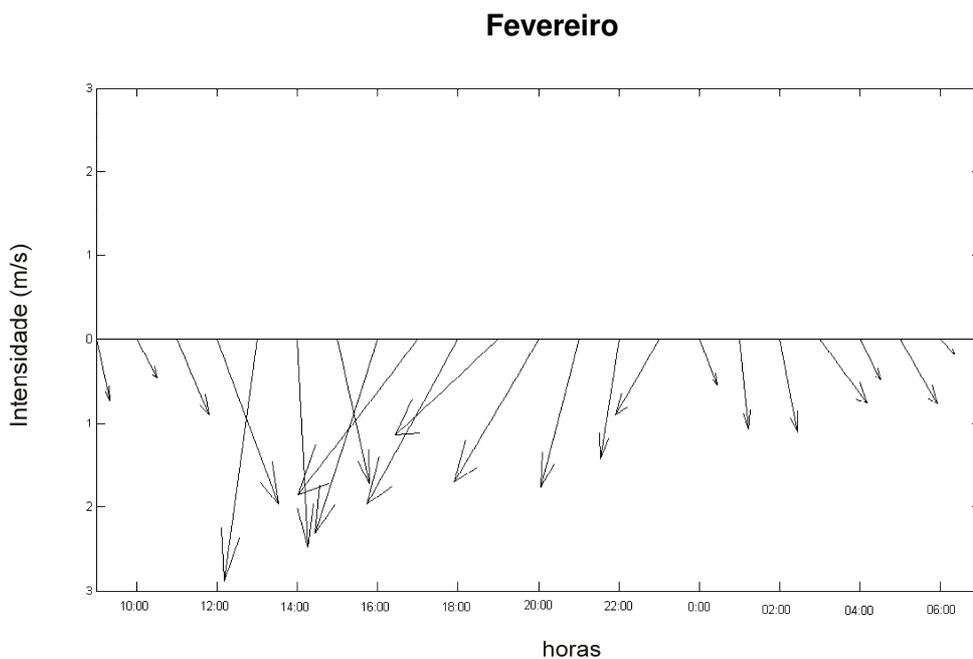


Figura 6: Variação do vento durante as amostragens de 19 e 20 de fevereiro de 2008.

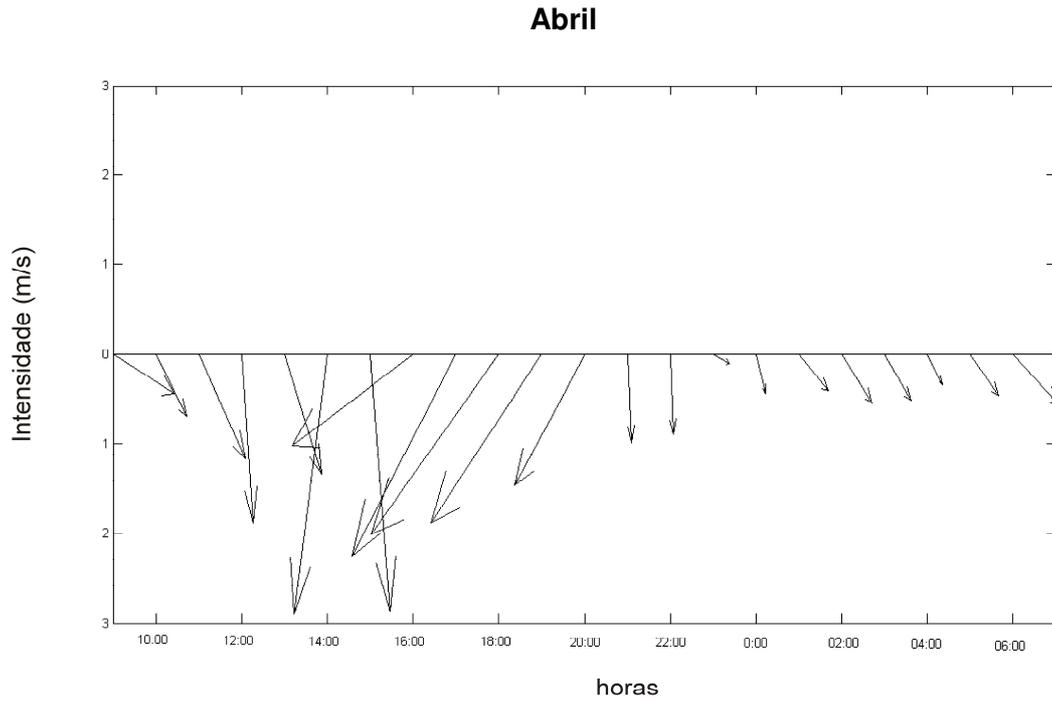


Figura 7: Variação do vento durante as amostragens de 21 e 22 de abril de 2008.

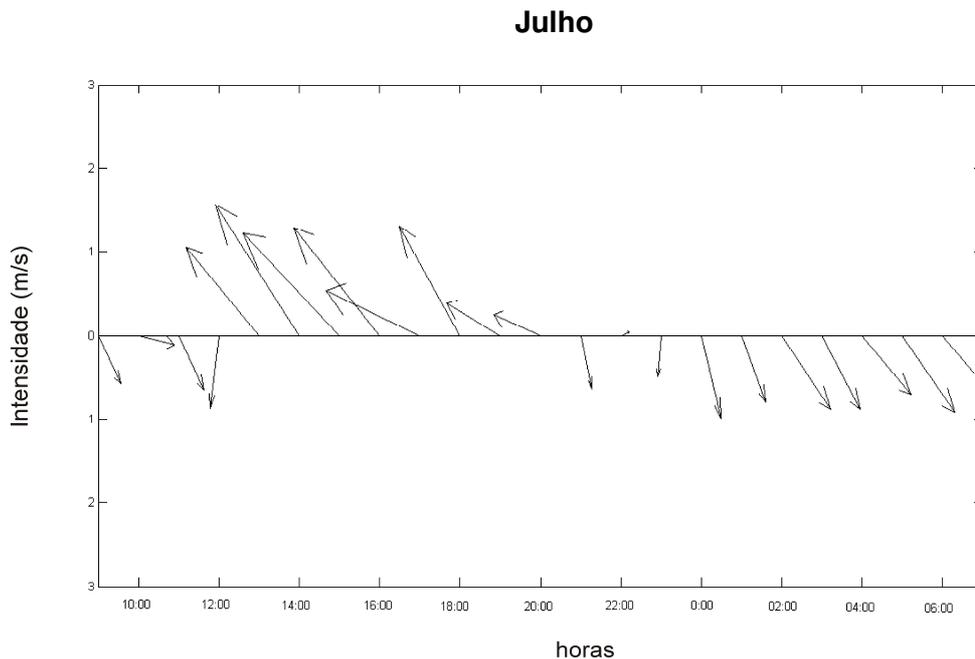


Figura 8: Variação do vento durante as amostragens de 16 e 17 de julho de 2008.

As figuras 9 à 16 correspondem à análise espacial e temporal dos dados de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) feitos a partir dos mapas de superfície contínua, ao passo que as figuras 17 à 24 correspondem à análise espacial e temporal dos dados de oxigênio dissolvido (mg/l).

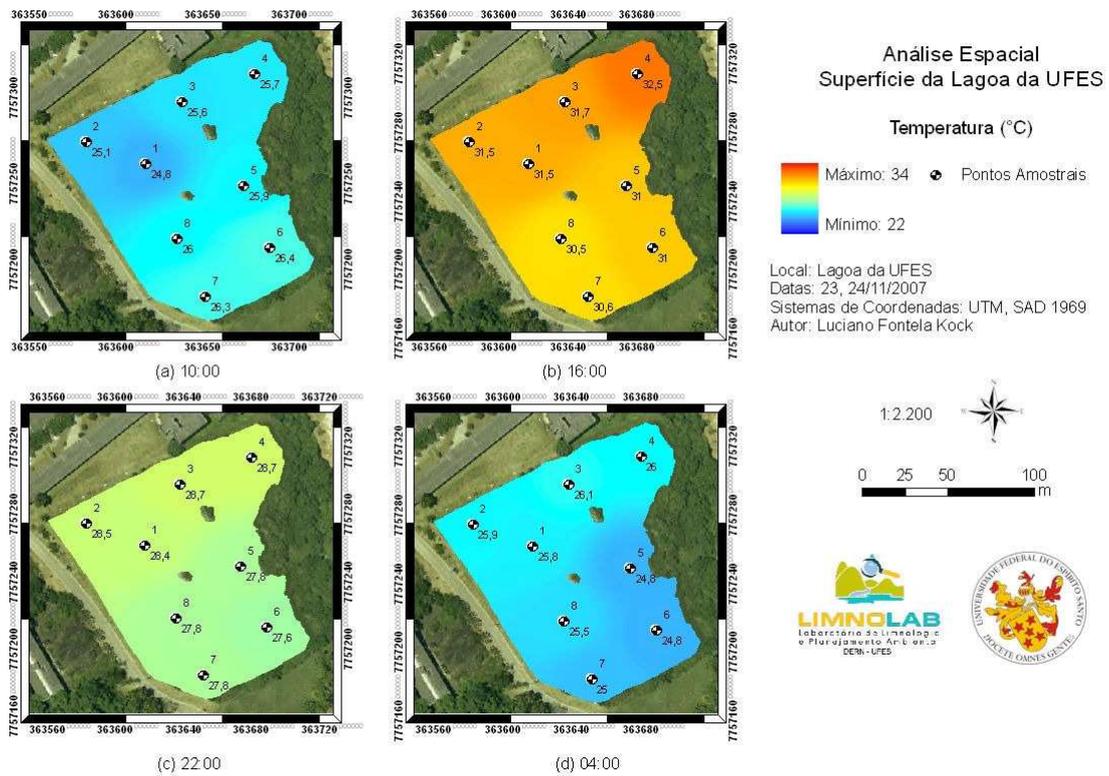


Figura 9: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

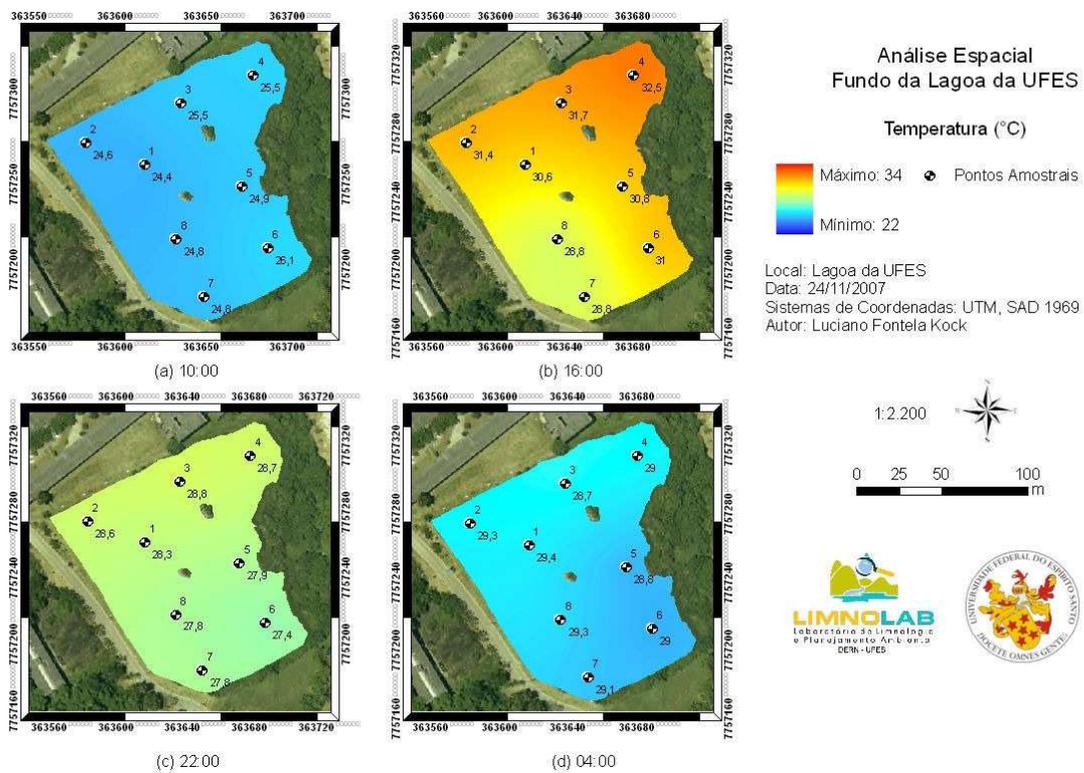


Figura 10: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

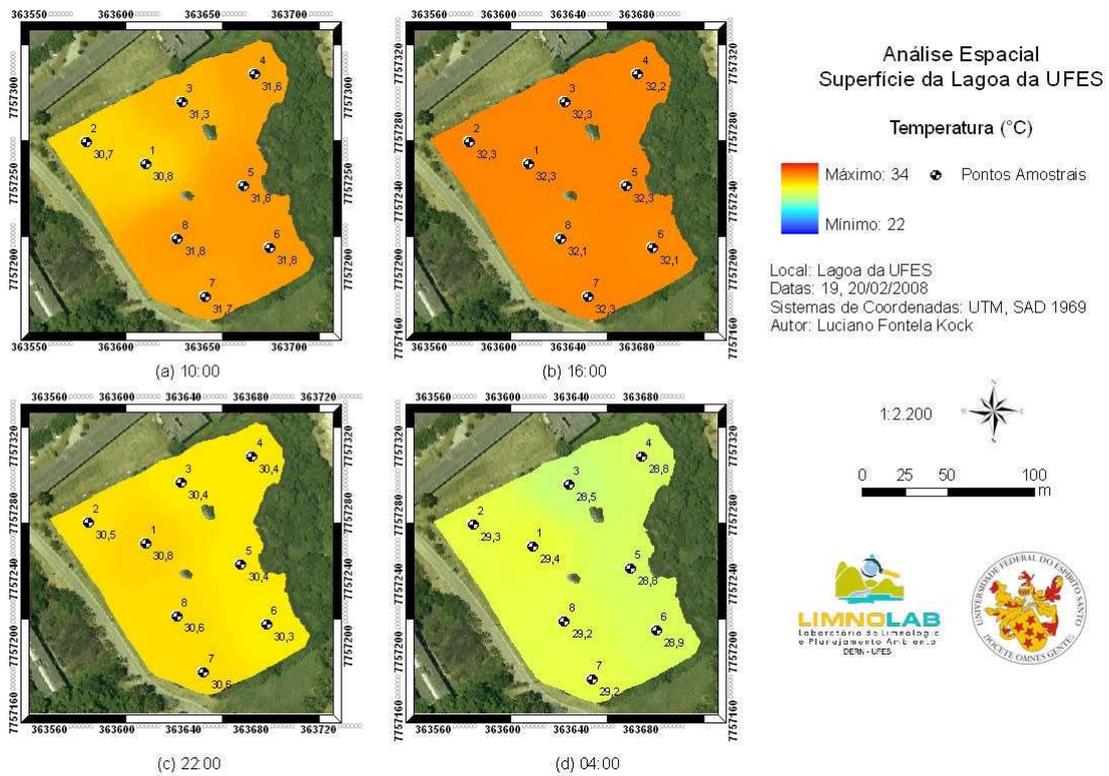


Figura 11: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

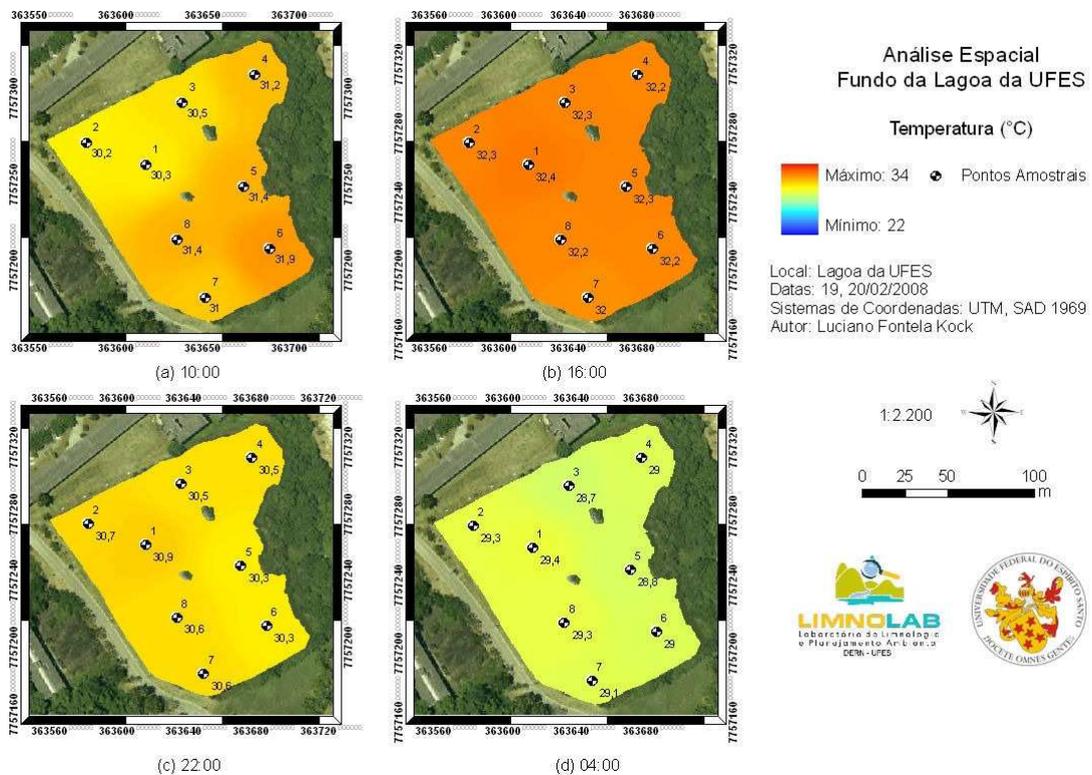


Figura 12: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

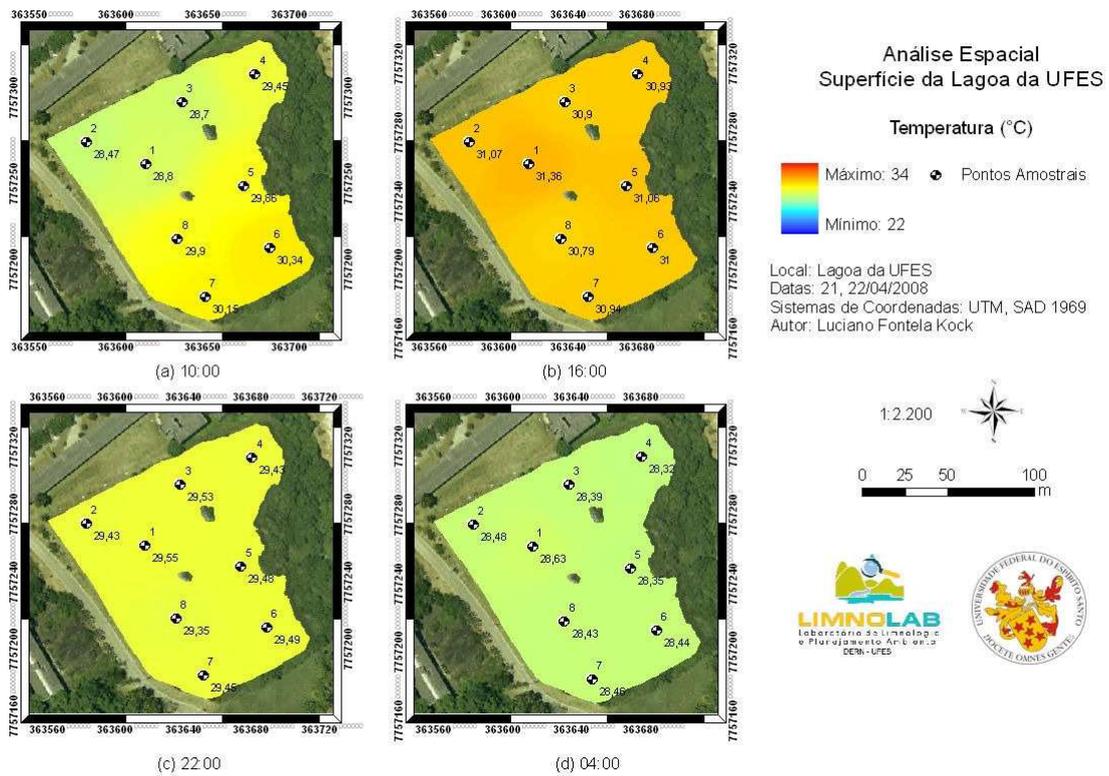


Figura 13: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

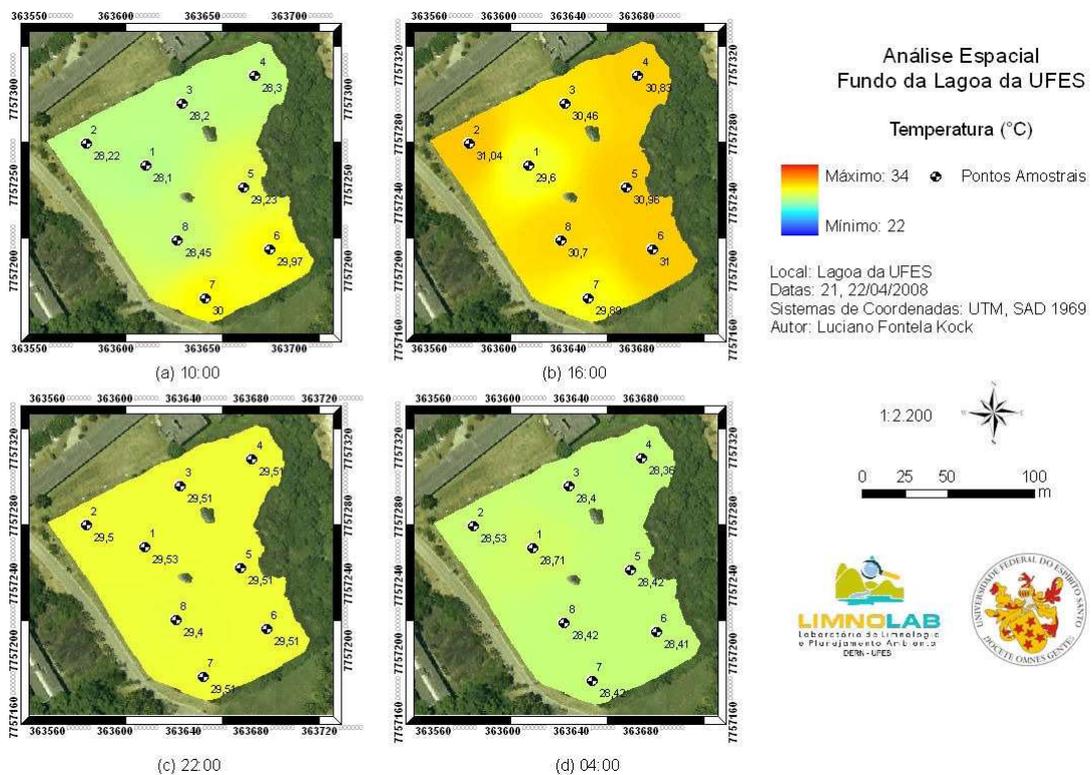


Figura 14: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

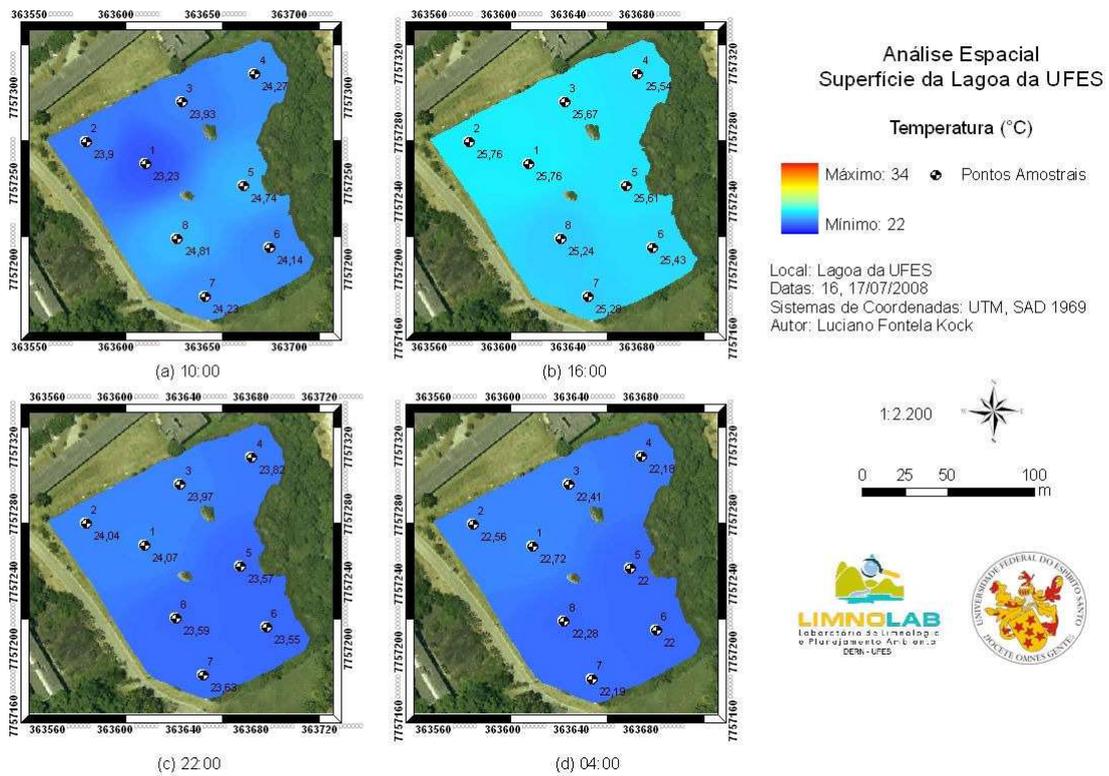


Figura 15: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

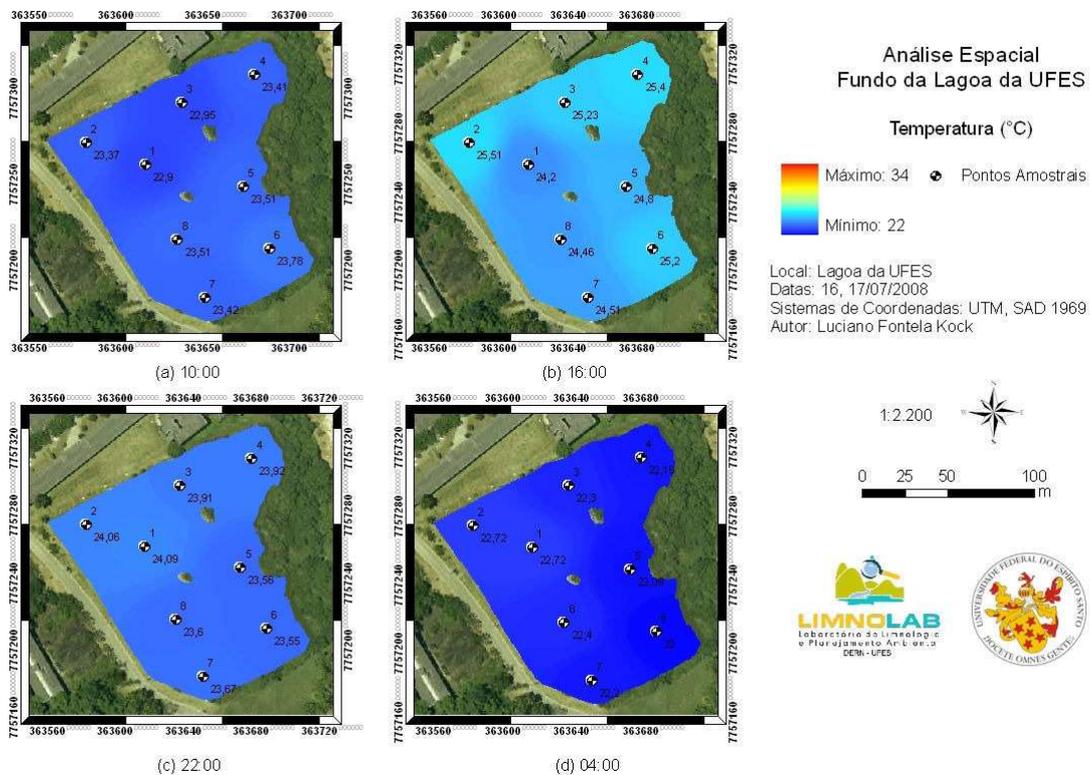


Figura 16: Análise espacial e temporal da temperatura (°C) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

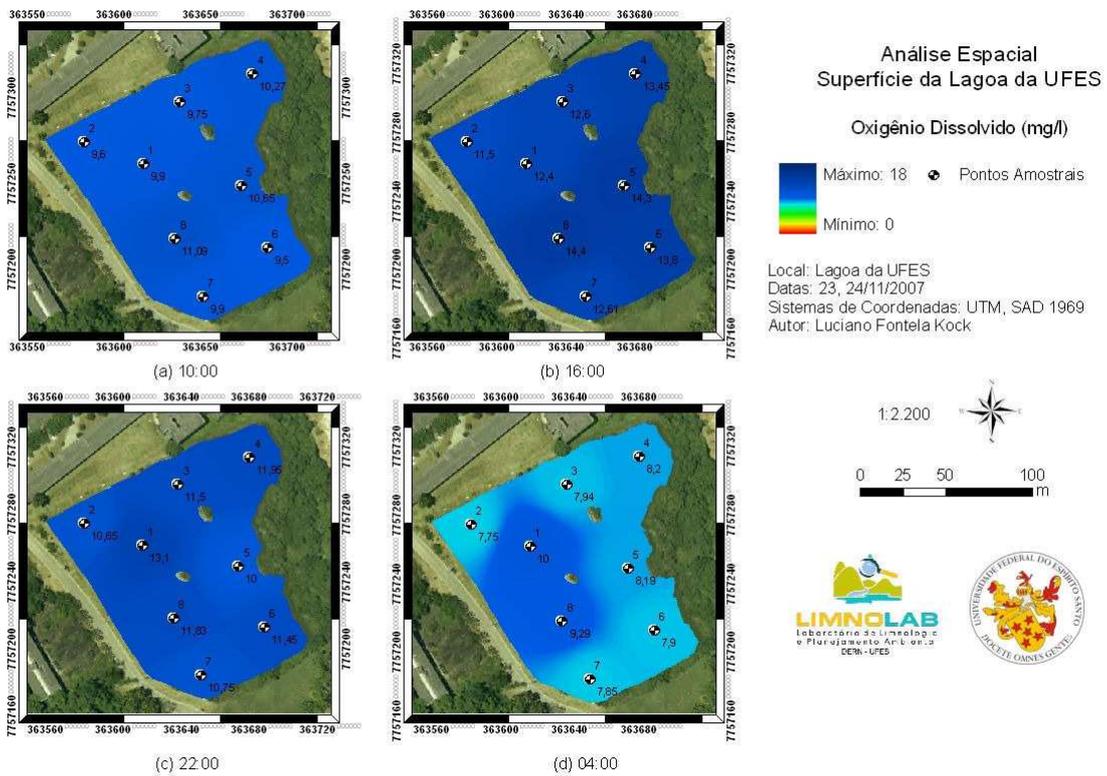


Figura 17: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

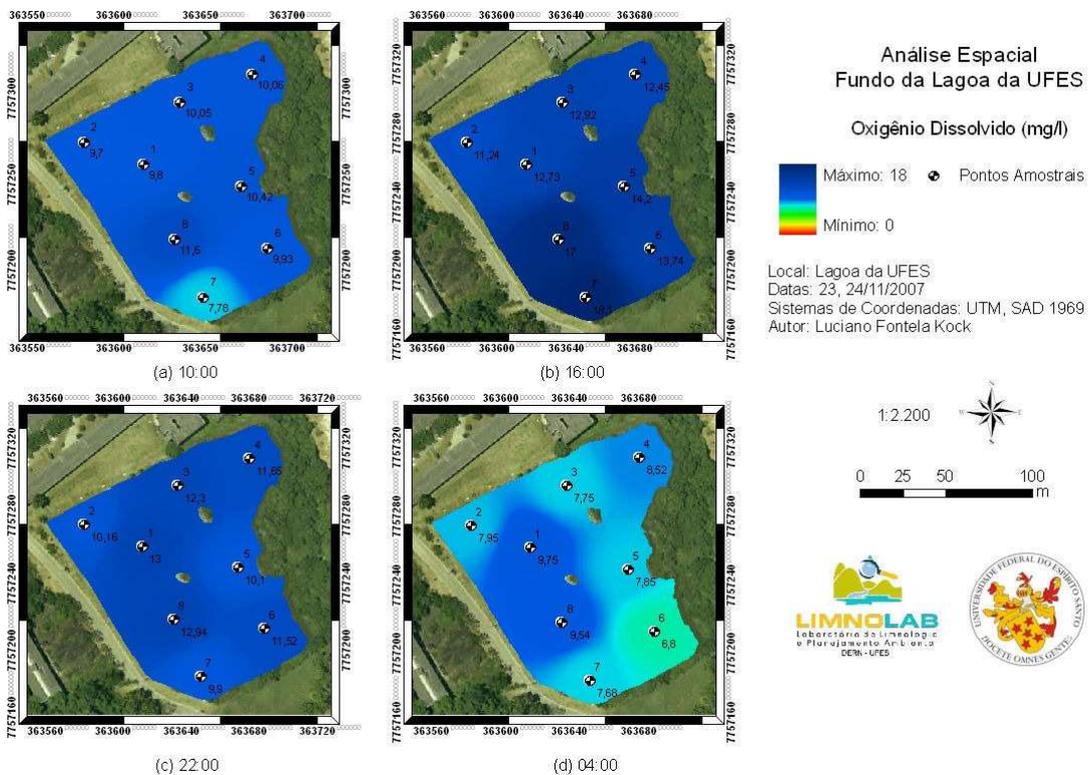


Figura 18: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de novembro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

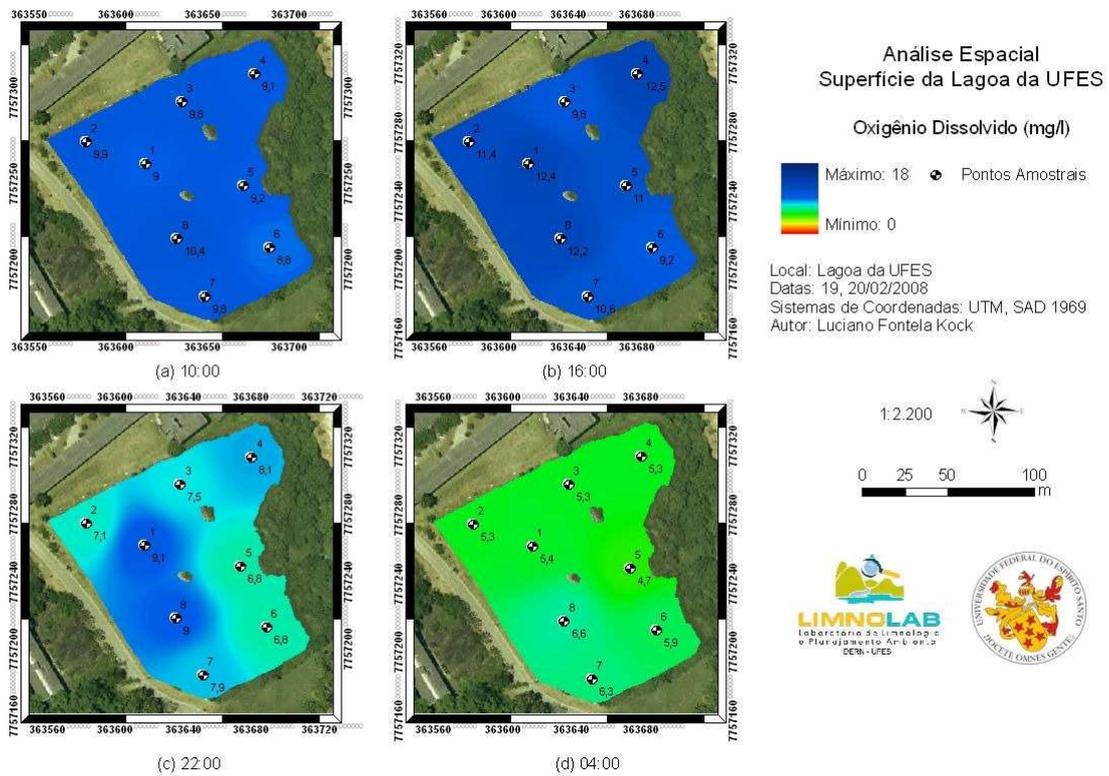


Figura 19: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

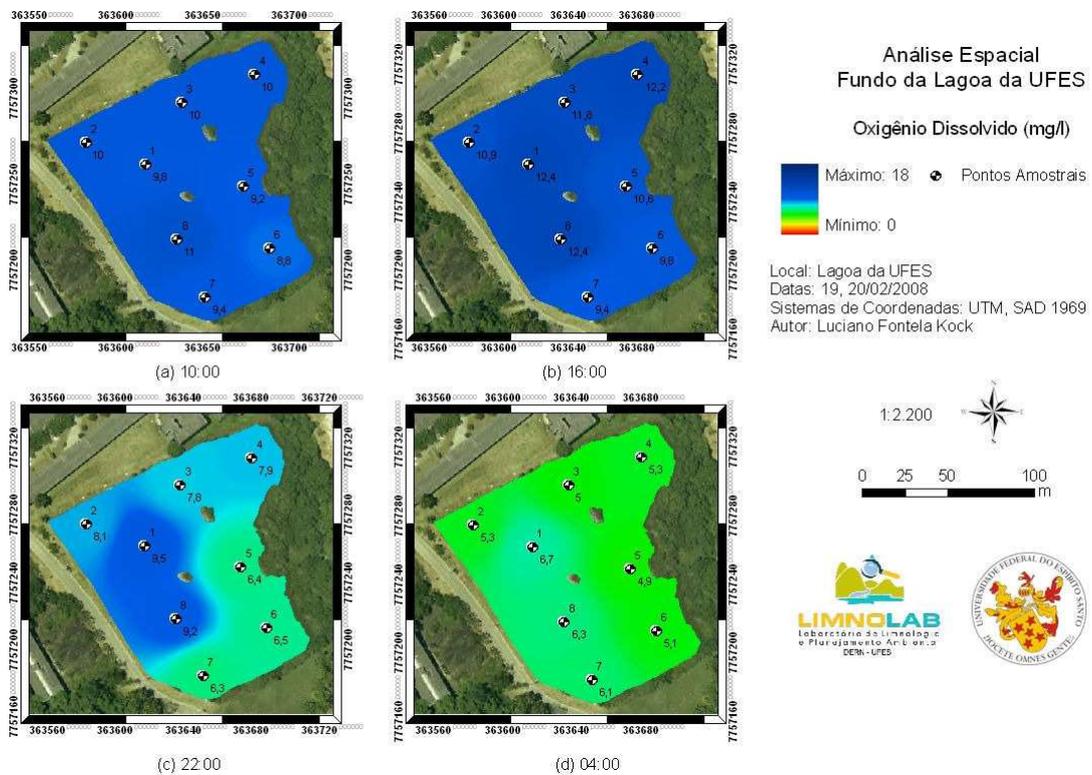


Figura 20: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de fevereiro. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

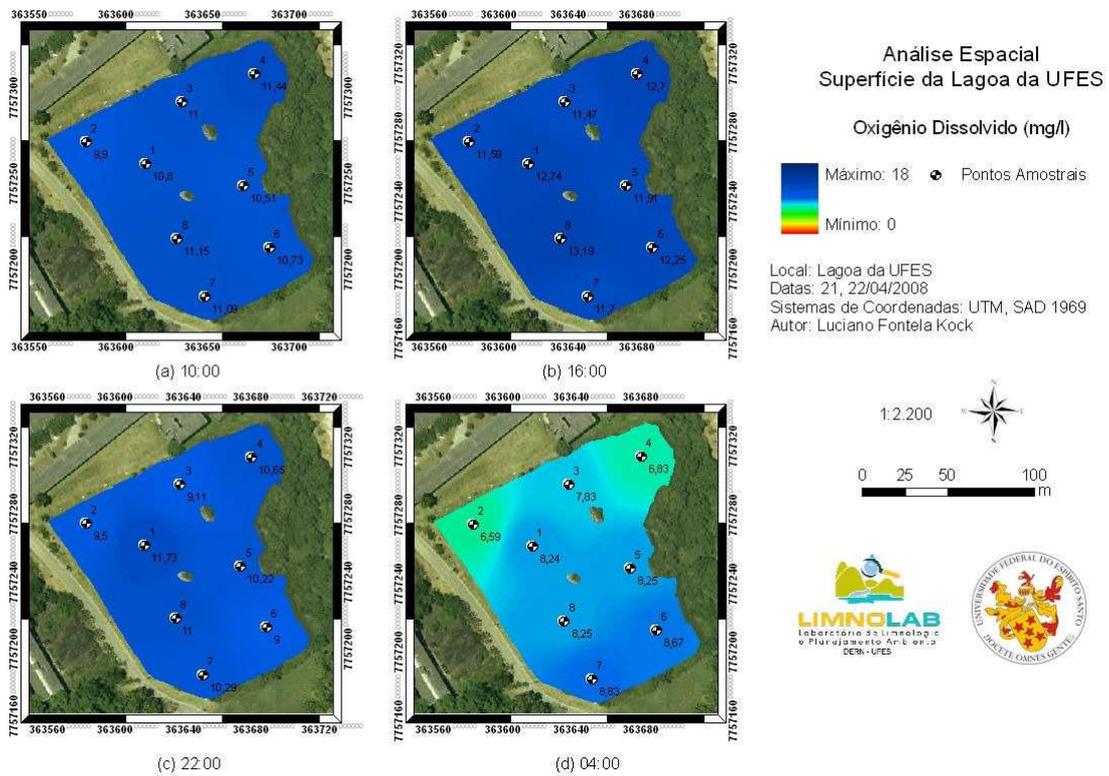


Figura 21: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

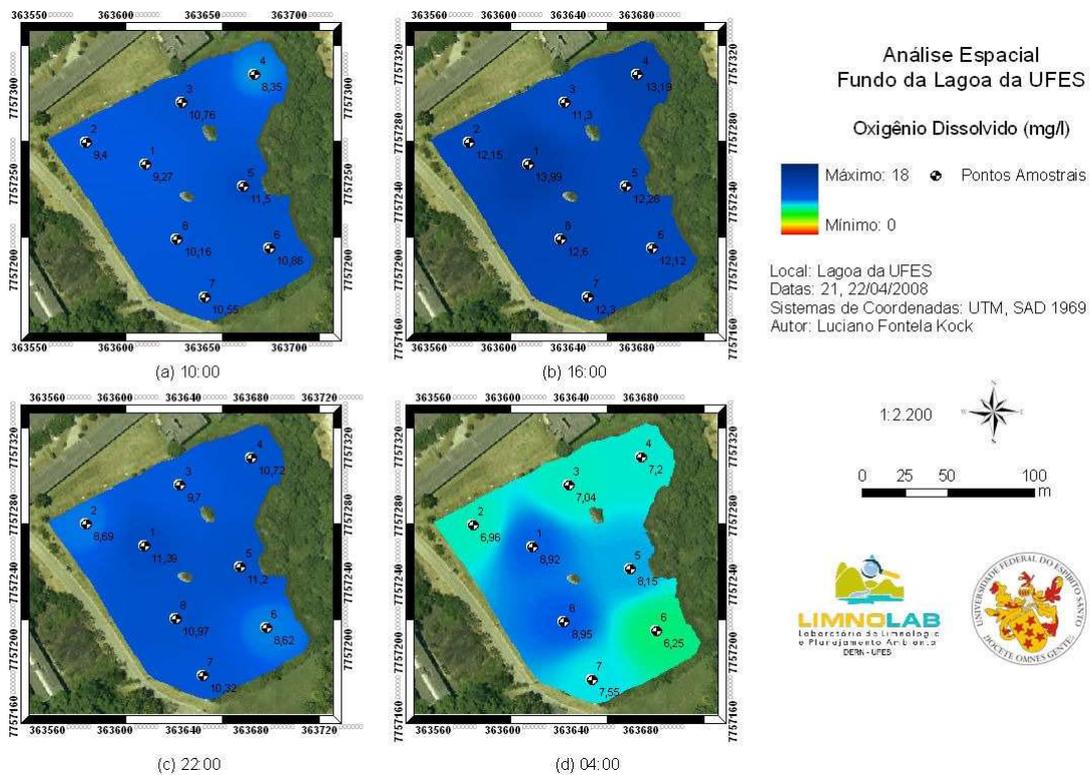


Figura 22: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de abril. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

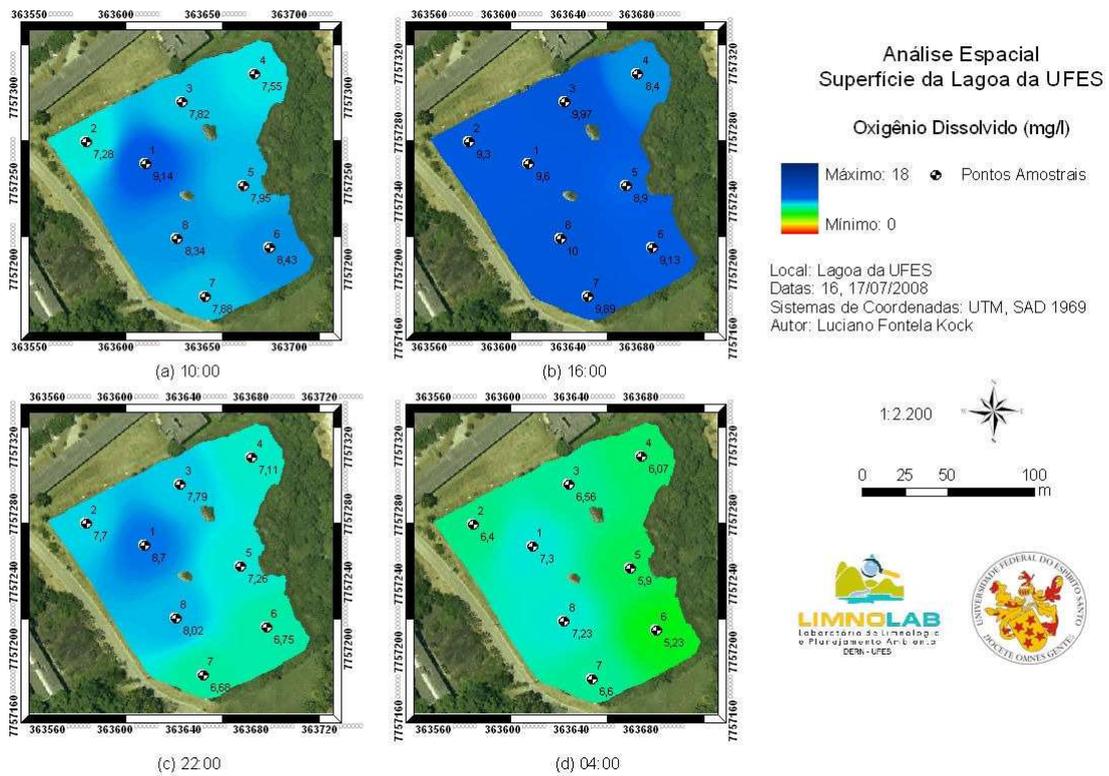


Figura 23: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

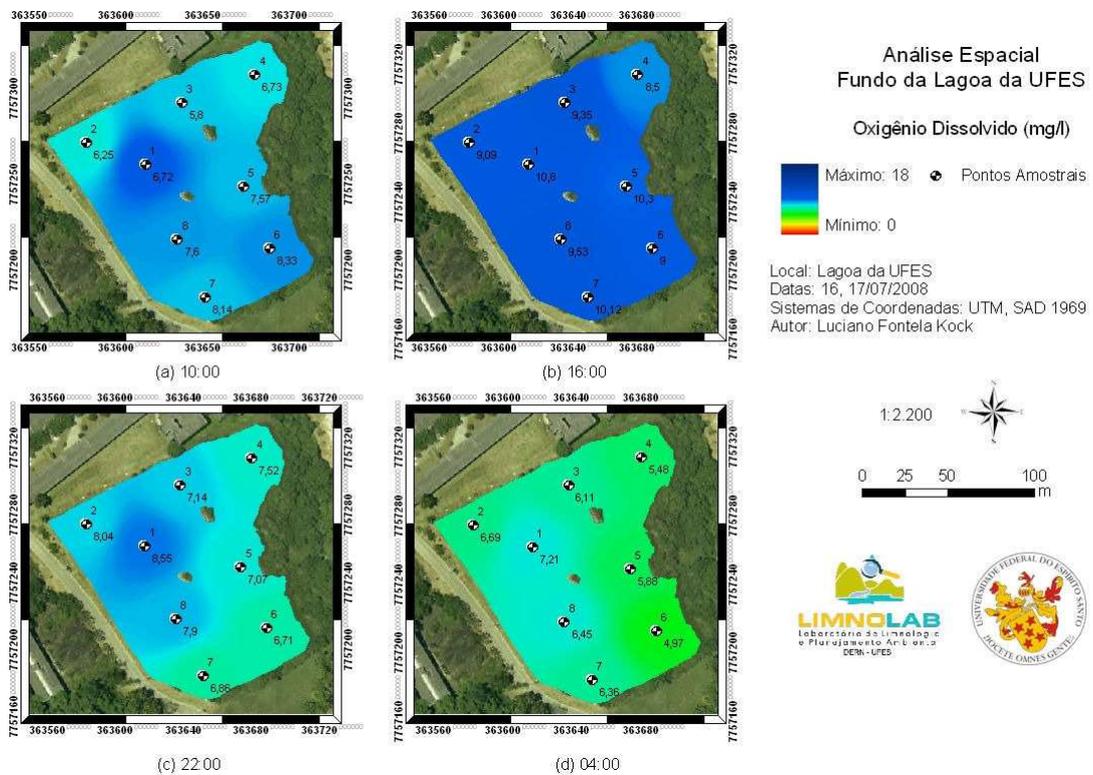


Figura 24: Análise espacial e temporal do oxigênio dissolvido (mg/l) a partir dos mapas de superfície contínua para o mês de julho. a) amostragem das 10 horas; b) amostragem das 16 horas; c) amostragem das 22 horas; d) amostragem das 4 horas.

Na figura 25, observam-se as diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo da lagoa nos quatro meses amostrais. Nesta análise foram detectadas inversões térmicas na coluna d'água da lagoa nos meses de novembro e fevereiro, que atingiram valores de $-0,29\text{ °C}$ e $-0,10\text{ °C}$ respectivamente na diferença entre a temperatura da superfície e do fundo, ao passo que no mês de fevereiro essas inversões atingem considerável área da lagoa, enquanto em novembro apenas uma pequena área, como visto em 25(a) e 25(b).

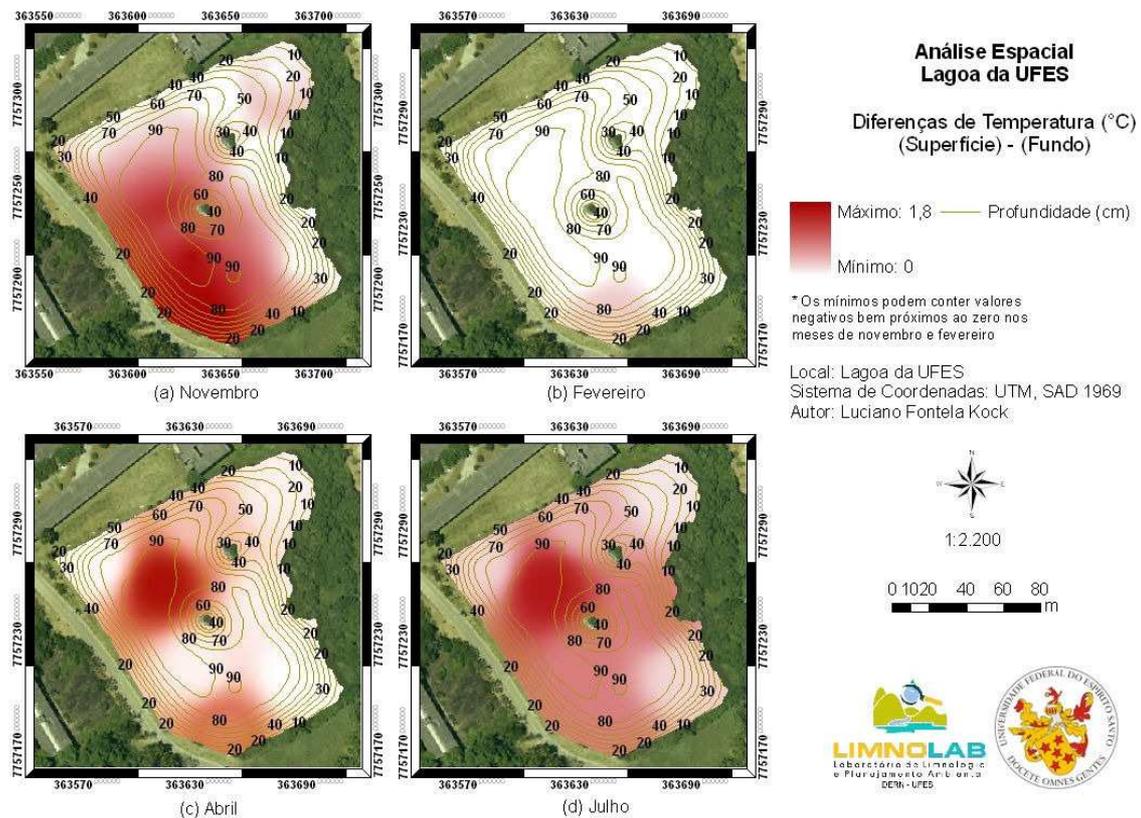


Figura 25: Análise espacial das diferenças de temperatura entre a superfície e fundo da lagoa. a) amostragem de novembro; b) amostragem de fevereiro; c) amostragem de abril; d) amostragem de julho.

A partir dos *rasters* gerados foram feitas as análises espaciais para os meses estudados, possibilitando saber em quais regiões da lagoa há as maiores e menores valores de temperatura. Para determinação dos maiores valores, utilizou-se a faixa 25% superior para as amostras do horário das 16 horas, tendo os resultados nas figuras 26, 27, 28 e 29 para cada mês de estudo.

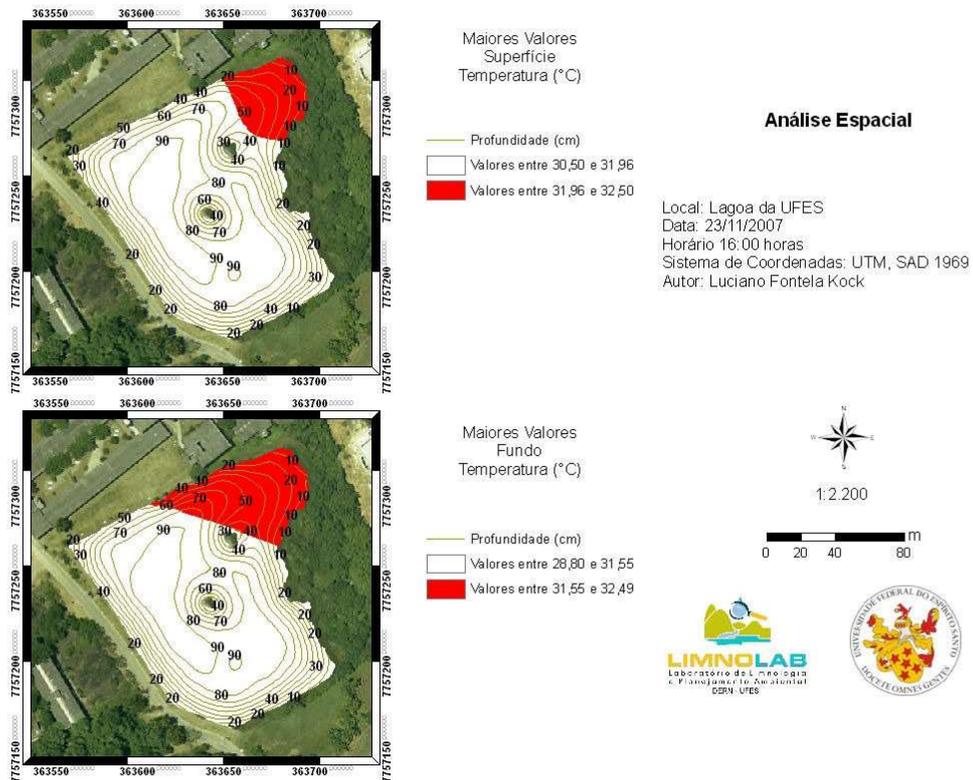


Figura 26: Maiores valores de temperatura (°C) para a amostragem do mês de novembro – superfície e fundo.

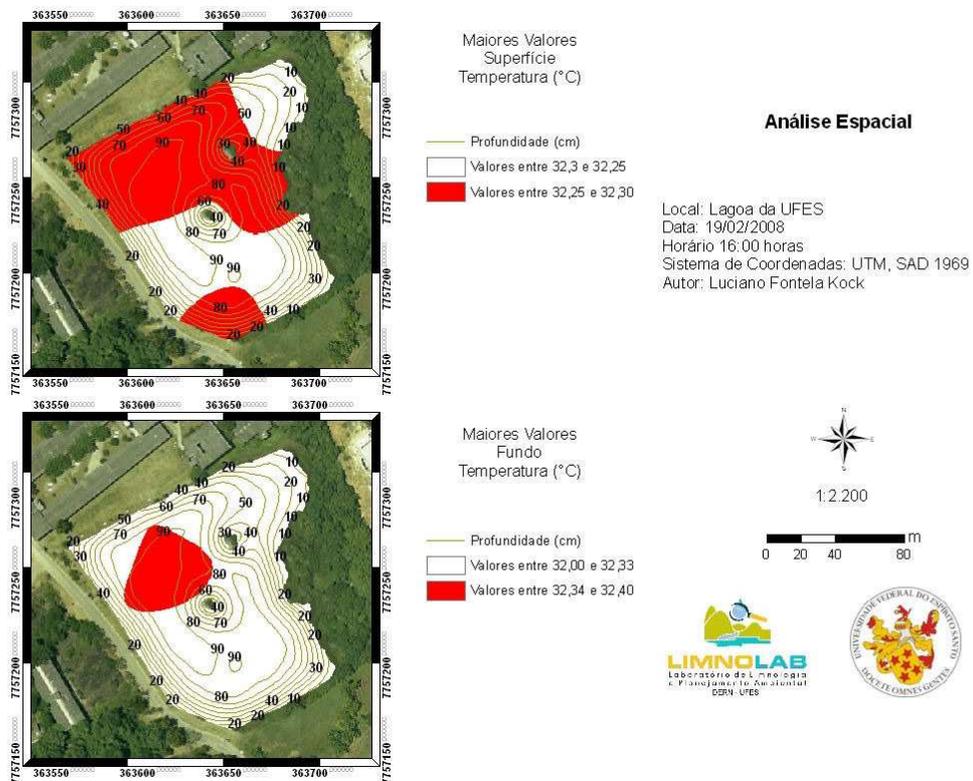


Figura 27: Maiores valores de temperatura (°C) para a amostragem do mês de fevereiro – superfície e fundo.

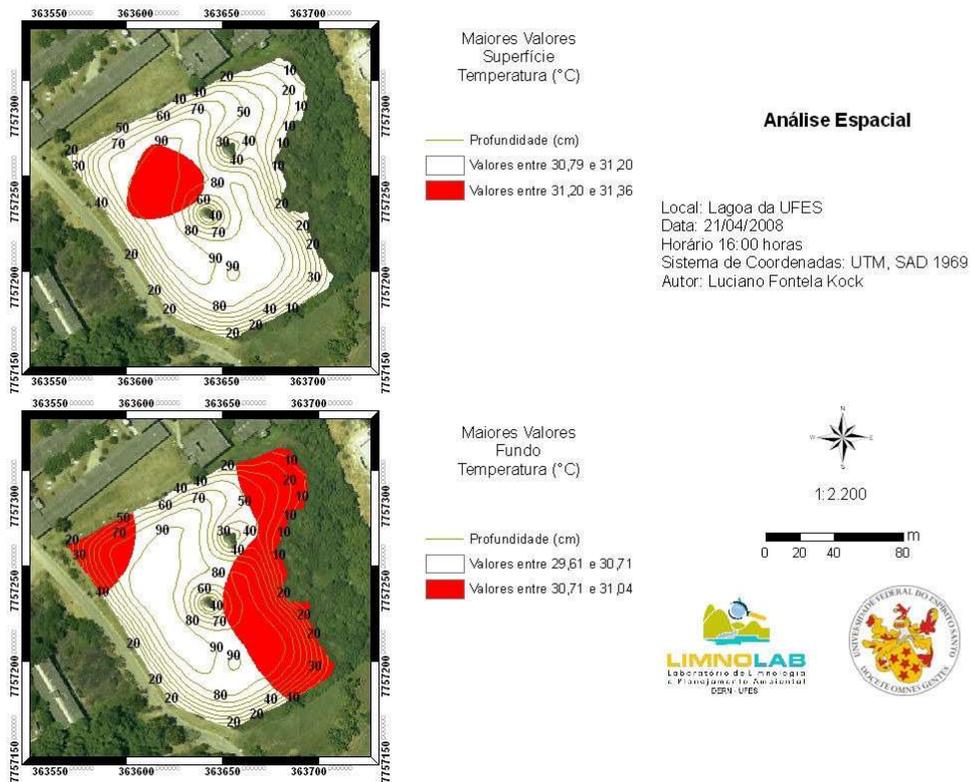


Figura 28: Maiores valores de temperatura (°C) para a amostragem do mês de abril – superfície e fundo.

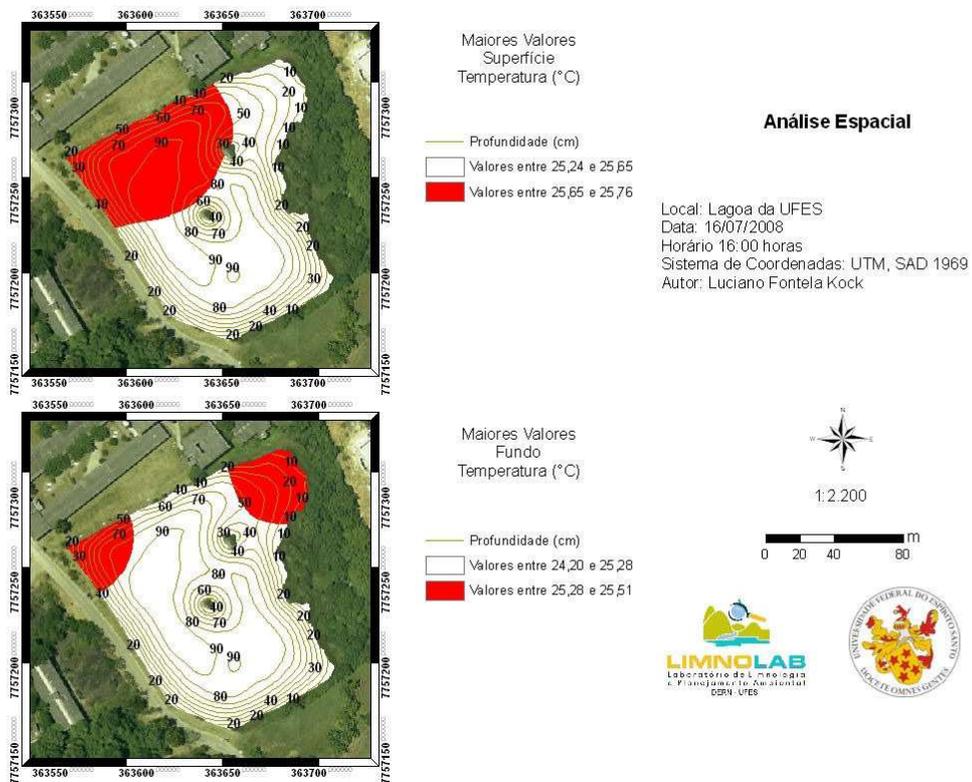


Figura 29: Maiores valores de temperatura (°C) para a amostragem do mês de julho – superfície e fundo.

A partir dos arquivos *rasters* referentes aos dados de oxigênio dissolvido foi possível obter informações das áreas de maior variação deste parâmetro, como visto nas figuras 30, 31, 32 e 33 para cada mês de estudo.

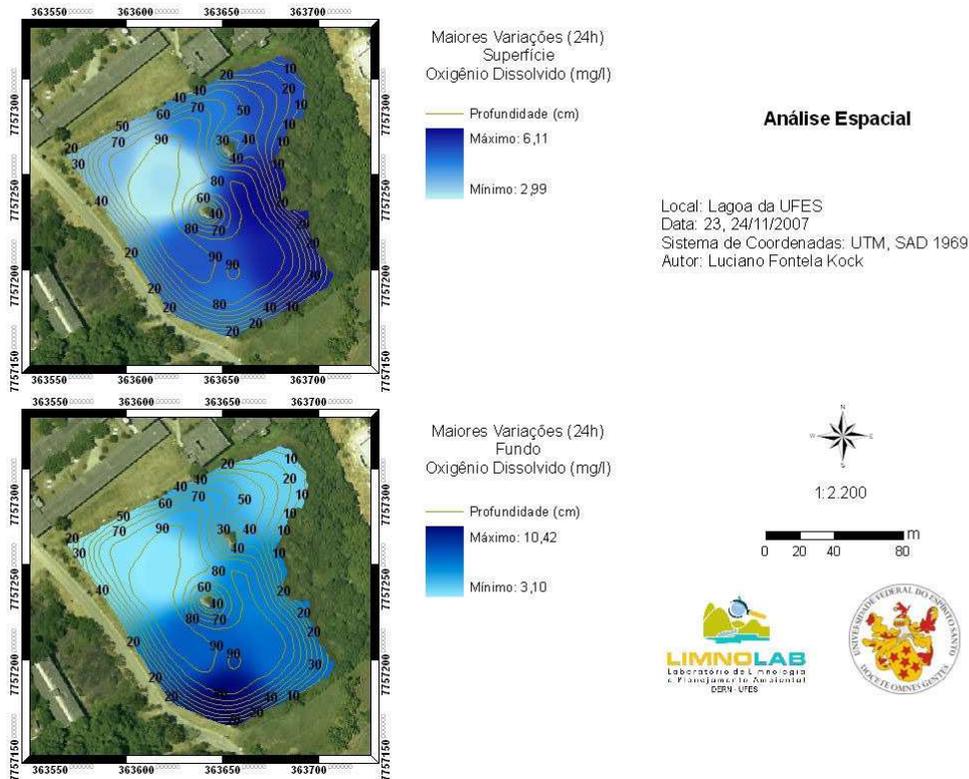


Figura 30: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de novembro – superfície e fundo.

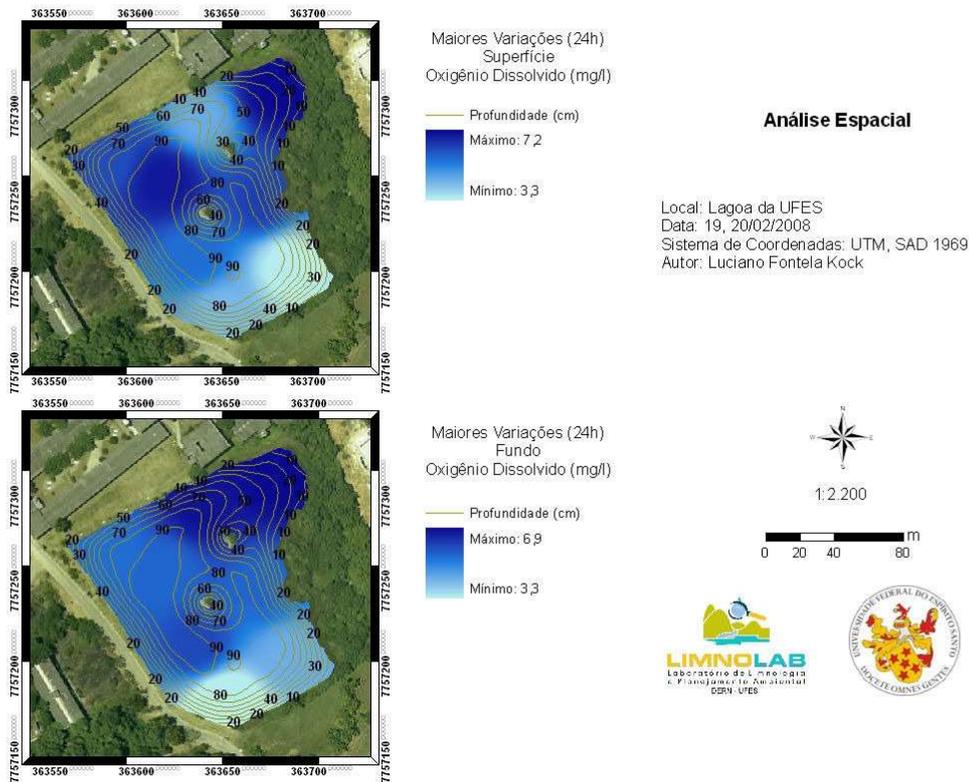


Figura 31: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de fevereiro – superfície e fundo.

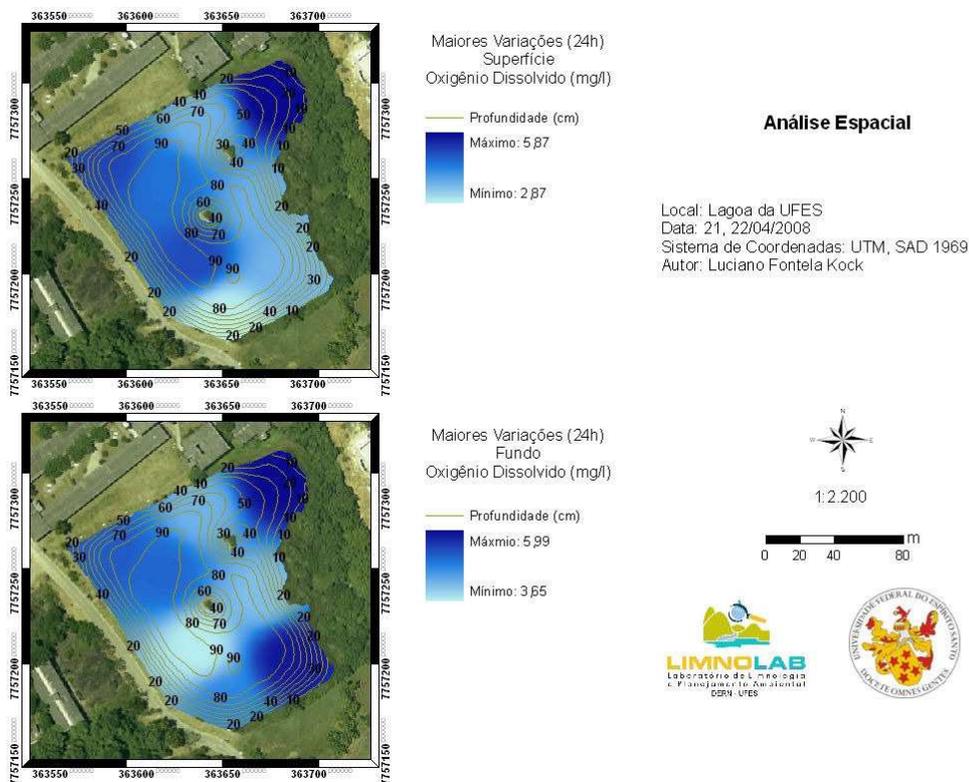


Figura 32: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de abril – superfície e fundo.

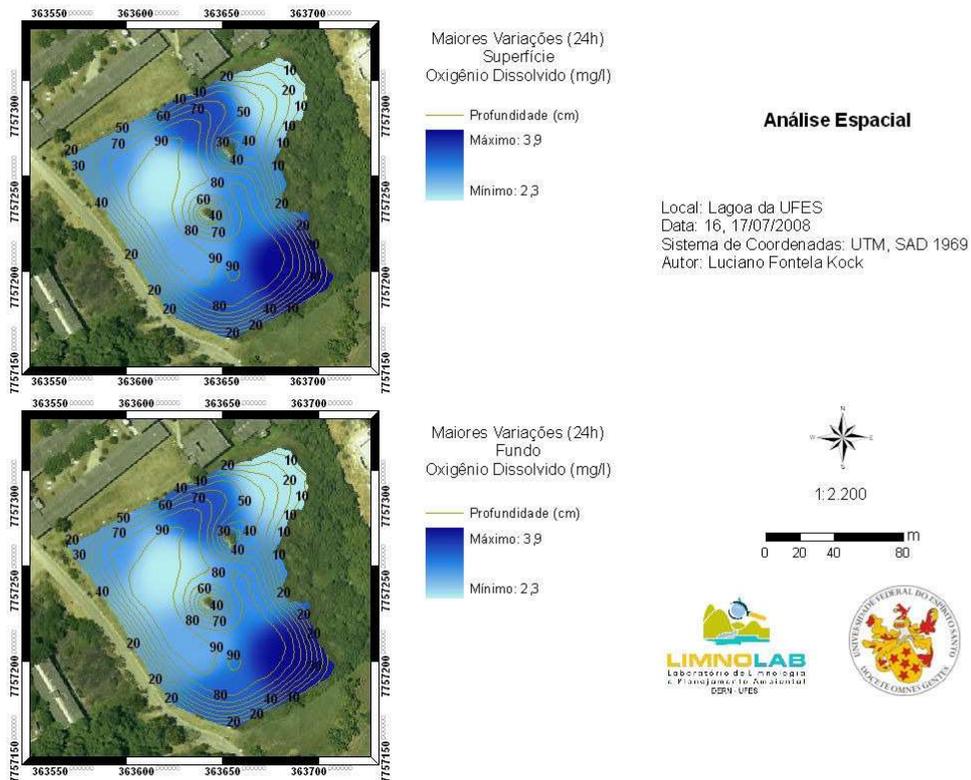


Figura 33: Maiores variações de oxigênio dissolvido (mg/l) para a campanha do mês de julho – superfície e fundo.

As animações geradas a partir dos mapas estão armazenadas em um banco de dados e imagens e podem ser disponibilizados pelo Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental (Limnolab) na Universidade, ou na web site a ser estruturado pelo projeto do qual este trabalho fez parte.

Por fim, com base nos objetivos do escopo elaborado, a figura 34 mostra a estrutura de *web site* para ser trabalhado pelo projeto.

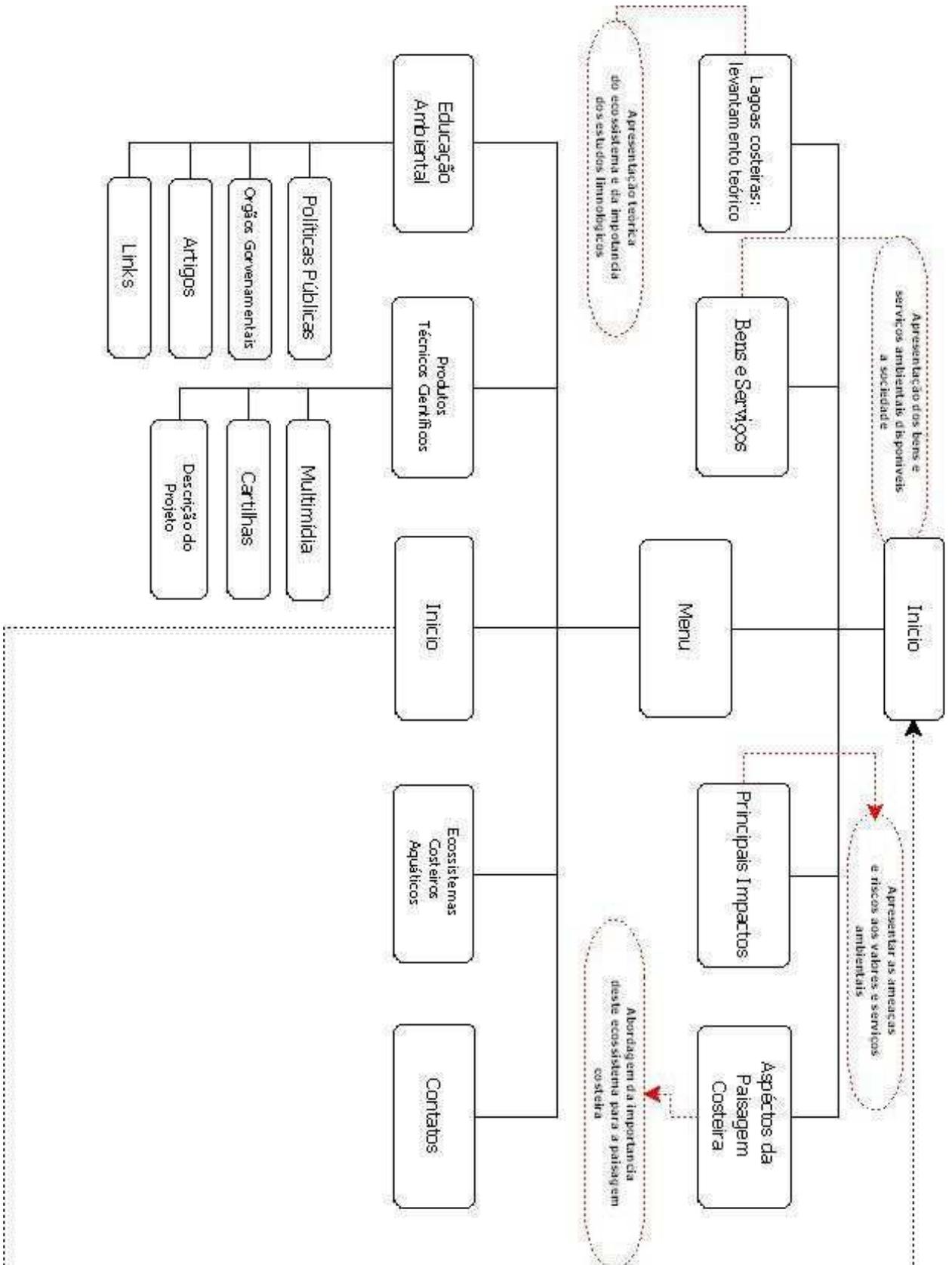


Figura 34: Estrutura do sítio na Internet para a difusão de conhecimentos sobre lagoas costeiras. Fluxograma a ser utilizado para a elaboração da web site feito com base nos objetivos do escopo.

6. DISCUSSÃO

A partir dos resultados foi possível constatar que a lagoa da UFES possui uma baixa variação horizontal dos parâmetros estudados, já que a lagoa possui baixo desenvolvimento de margem e área reduzida.

Como já discutido nos trabalhos de Padilha (2007) e Lélis (2008) os valores para temperatura corresponderam à sazonalidade local, onde as amostragens de novembro e fevereiro apresentaram os maiores valores, diminuindo no decorrer das campanhas de abril e julho. O mesmo ocorre para o oxigênio dissolvido, apresentando elevado percentual de supersaturação nos meses de novembro e fevereiro, e nos meses de abril e julho concentrações moderadas em relação às amostragens anteriores, porém, ainda com valores supersaturados. Estas altas concentrações de oxigênio dissolvido reforçam a informação do estado hipereutrófico da lagoa citados pelos autores dos trabalhos anteriores.

O estudo batimétrico demonstra um ambiente bastante raso, com profundidade inferior a um metro. Entretanto, a classificação de uma lagoa quanto a sua profundidade torna-se difícil devido aos diferentes critérios para essa classificação. Desta maneira, Nixdorf & Deneke (1997) através de estudos em lagos alemães adotaram a profundidade de até 5 m para distinguir os lagos rasos. Já Scheffer (1998), caracteriza como um lago raso aqueles cuja profundidade média é inferior a 3 m e área superficial podendo variar de 1 ha até 10.000 ha. Padisák & Reynolds (2003) questionam estas caracterizações destacam a profundidade funcional de uma lagoa. Para isso deve ser levado em consideração aspectos como a distribuição de luz, nutrientes e oxigênio dissolvido.

Por se tratar de um ambiente consideravelmente raso e temperaturas elevadas em maior parte das amostragens, Scheffer (1998), evidencia que lagoas com estas características sofrem maior influência dos ventos, que dependendo da sua intensidade, podem dificultar a estratificação da coluna d'água, entretanto, Hambright et al. (1994) ressaltam que em lagos tropicais, diferenças verticais de $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$ possa ser suficiente para promover a estratificação térmica da coluna d'água.

O trabalho de Esteves et al. (1988) estudou as lagoas Iodada e Imboacica, localizadas no litoral norte do Rio de Janeiro, onde uma é mais protegida da ação

dos ventos e a outra mais exposta. O estudo mostrou, na primeira lagoa, maior estratificação atingindo uma amplitude de 4,8 °C, sendo que a segunda, devido à ação dos ventos a coluna d'água apresentou-se mais homogênea.

A sobreposição dos arquivos *rasters* referentes às maiores temperaturas da superfície e do fundo para cada mês amostrado junto ao arquivo referente ao estudo batimétrico possibilitou localizar na lagoa, as regiões de maior estratificação térmica e compará-las com a profundidade, deste modo, as maiores estratificações estão localizadas nas regiões relativamente mais profundas, enquanto que as regiões de menor estratificação encontram-se em áreas mais rasas e abrigadas da ação dos ventos.

A lagoa apresentou estratificação térmica de até 1,8 °C dos meses amostrados com exceção de fevereiro, onde a coluna d'água se apresentou homogênea e com inversões térmicas. Esta mistura se dá principalmente pelo forte calor atmosférico apresentado nos dias anteriores a coleta, assim como descrito por Lellis (2008), e forte ação de ventos nordeste incidindo sobre a lagoa.

A análise espacial feita pelos mapas de superfície contínua permitiu, com a utilização dos *rasters* gerados, observar o comportamento das regiões com as maiores valores de temperatura em função da forma da lagoa e sua batimetria. Os resultados mostraram que os maiores valores de temperatura estão nas regiões mais rasas da lagoa, entretanto a ação dos ventos pode ter influenciado diretamente este padrão, como observado nos meses de fevereiro e abril, principalmente.

Desta forma, as regiões mais rasas da lagoa são as mais quentes e com menor estratificação. A esta informação cabe ressaltar a influência do sedimento do fundo da lagoa que pode estar aquecido e passando o calor para a coluna d'água, quebrando a estratificação.

A análise dos dados de oxigênio dissolvido, apesar do estado hipereutrófico da lagoa, não apresentou resultados de anoxia ou hipoxia, porém, as variações nictemerais foram relevantes, haja vista que as variações atingiram valores superiores a 10 mg/l.

Tundisi & Tundisi (2008) destacam as grandes variações de oxigênio, no decorrer de 24 horas, com relação direta com a fotossíntese, respiração e decomposição de matéria orgânica, que por sua vez estão relacionados com o fotoperíodo,

intensidade luminosa, ciclagem de nutrientes e a temperatura. Dentre outros fatores que podem exercer influência pode-se citar a intensidade dos ventos, com capacidade de quebrar a estratificação da coluna d'água, e o regime de chuvas. Estes fatores podem atuar como meios de aporte de material orgânico alóctone.

De maneira geral, a variação do oxigênio dissolvido nos meses de estudo foi maior nas regiões mais rasas e, sobretudo, nas áreas onde há maior vegetação na região litorânea. Desta forma, a análise espacial indica para a margem oposta ao anel viário, próximo à Biblioteca Central, a região mais crítica quanto às variações, onde nos horários de máxima e mínima temperatura (16 e 4 horas), os valores de oxigênio sofrem considerável redução.

De acordo com Scheffer, (1998) a interface água-sedimento compreende as maiores variações de oxigênio, já que é onde ocorrem oxidações e reduções dos elementos químicos e de matéria orgânica pelas bactérias e essas reações podem ser aceleradas com o aquecimento da água. Desta maneira, a maior concentração de matéria orgânica, a baixa profundidade somado as altas temperaturas justificam estas variações.

O uso dos sistemas de informação permitiu para estas análises, uma prática interpretação da dinâmica nictemeral da lagoa baseado nos dados coletados pelos trabalhos anteriores de Padilha (2007) e Lellis (2008) trazendo perspectivas futuras para o uso da visualização dos dados em perspectiva de volume, que poderá proporcionar maior clareza no entendimento do ambiente estudado, assim como novas ferramentas para a difusão do conhecimento.

A proposta de difusão do conhecimento sobre o funcionamento e a dinâmica das lagoas costeiras, consiste em um sub projeto do projeto *“Difusão, ensino e aprendizagem de astronomia e ciências em espaços de educação não-formal e por meio do uso de tecnologias de informação e comunicação”*, financiado pela Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, como já citado anteriormente, e o escopo assim como a estrutura do *web site* será utilizado para gerar um produto final.

Não cabe a este trabalho disponibilizar qualquer endereço de acesso a este produto, visto que qualquer *“link”* de acesso poderia ser futuramente modificado, seja por troca de servidor, ou em eventuais mudanças de descrições. Entretanto, o site

poderá ser facilmente localizado por ferramentas de busca disponíveis gratuitamente na rede, apenas utilizando como palavra chave o nome do projeto, o nome do autor ou o título deste trabalho.

Esta abordagem atende as novas perspectivas do Ministério da Educação (MEC) que desenvolve um Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE, 2009), a tratar de um repositório de recursos educacionais digitais como vídeos, jogos educacionais, animações, simulações, imagens, mapas interativos, entre outros, sendo todos de acesso público. A iniciativa e os novos conteúdos do MEC poderão atender à educação básica, profissionalizante e superior, nas diversas áreas do conhecimento, com uma perspectiva de inclusão digital e socialização do saber, assim como já é feito pelo U.S. GEOLOGICAL SURVEY em seus conteúdos disponibilizados na internet.

7. CONCLUSÕES

A aplicação dos sistemas de informação para os estudos limnológicos é de fundamental importância para que esta área de pesquisa possa acompanhar o crescente avanço das tecnologias de informação. Esta aplicação fornece ao pesquisador novas ferramentas para análise de dados limnológicos em escalas espaço temporais, maior facilidade em difundir seu conhecimento e favorecer a tomada de decisões.

Os produtos da visualização dos estudos se apresentaram de forma clara e acessível, de maneira que os dados são demonstrados associados com escalas de cores que sensibiliza a percepção do leitor.

Os aplicativos do sistema de informação geográfica permitem a análise prática dos *rasters* gerados, de forma a viabilizar a análise espacial e temporal dos dados relacionando diversos parâmetros em um mesmo plano, que podem ser armazenados, gerando um banco de imagens para futuros estudos

Os resultados indicam que a lagoa apresenta-se homogênea quanto à temperatura, principalmente nos períodos mais quentes do ano, porém, os maiores valores se localizam nas regiões mais rasas e abrigadas pelo vento. Os valores de oxigênio variaram principalmente em função da profundidade e das regiões com maior vegetação adjacente a lagoa.

Contudo, os resultados visuais do trabalho mostraram potencial de uso para variados estudos que visem a análise de dados e sua representação em uma superfície contínua em duas ou mais dimensões, formando uma importante ferramenta para os estudos dos principais ecossistemas aquáticos, como lagoas costeiras, reservatórios, estuários dentre outros.

8. REFERENCIAS

ASSAD, E.D. & SANO E. E. **Sistema de informações geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2ª ed., Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998.

BARROSO, G.F. Lagoas costeiras do Espírito Santo. In: MENEZES, L.F.T.; PIRES, F.R. & PEREIRA, O.J. (Org.). **Ecossistemas costeiros do Espírito Santo: conservação e restauração**. Vitória: Edufes, 2007. p. 71-86.

BATISTA, J.L. **Estimativa da Produtividade Primária Fitoplanctônica na Lagoa da UFES, (Vitória, ES)**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2003.

BIRD, E.C.F. Physical setting and geomorphology of coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.). **Coastal lagoon processes**. Elsevier Oceanography Series, v. 60, New York, Elsevier, 1994. p. 9-39

BONETTI, J. Análise de dados espaciais em aquicultura costeira. In: Barroso, G.F.; Poersch, L.H. da Silva & Cavalli, R.O. (Org.). **Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e sócio-econômicos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007. cap. 11, p. 97-105.

COSTA, R.B. **Adversidades climáticas em Vitória?**. Vitória: IHGES-PMV, 1992

da SILVA, N.R. **Visualização 3D de dados oceanográficos simulados**. 2006. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Informática, Porto Alegre, 2006.

Esteves, F. A. & Barbosa, F. A. R. Eutrofização artificial: a doença dos lagos. **Ciência Hoje**, 5(27): p.56-61, 1986.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.

ETEVES, F.A.; BOZELLI, R.L.; CAMARGO, A.F.M.; ROLAND, F. & THOMAZ, F.M. Variação diária (24 horas) de temperatura, O₂ dissolvido, pH e alcalinidade em duas lagoas costeiras do estado do Rio de Janeiro e suas implicações no metabolismo destes ecossistemas. **Acta Limnológica Brasiliensia**, 11(2): p. 99-128, 1988.

HAMBRIGHT, K.D.; GOPHEN, M. & SERRUYA, S. Influence of long-term climatic changes on the stratification of a subtropical, warm monomictic lake. **Limnol. Oceanogr.**, 39(5): p.1233-1249, 1994.

KJERFVE, B. Coastal lagoon processes. In: Kjerfve, B. (Ed.). **Coastal lagoons processes**. Elsevier Oceanography Series, v. 60, New York, Elsevier, 1994. p. 1-8

LAUDON, K. C. & LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LÉLLIS, P.H.S. **Estrutura térmica e correlações entre parâmetros meteorológicos e limnológicos na lagoa do Campus Universitário Alaor de Queiroz Araújo (Universidade Federal do Espírito Santo, Unidade Goiabeiras, Vitória – ES)**. Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, ES. (Monografia de Graduação). 2007.

McCoy, J. & Johnston, K. **Using ArcGIS Spatial Analyst**. Redlands: ESRI, 2002.

MARKOVITCH, J. A informação e o conhecimento. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 16, n. 4: p. 3-8, 2002.

MARTINS, F.C.O. **Estrutura das Comunidades Perifítica (em substrato natural) e Fitoplanctônica na Lagoa da UFES (Vitória, ES) e Utilização destas Comunidades como Bioindicadores da Qualidade da Água**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2002.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Banco Internacional de Objetos Educacionais. c2009. Disponível em: < <http://objetoseducacionais.mec.gov.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

NIXDORF, B. & DENEKE, R. (1997). Why 'very shallow' lakes are more successful opposing reduced nutrient loads? **Hydrobiologia**, 342/343: 269-284.

PADILHA, L.B. **Dinâmica do padrão de estratificação térmica da lagoa do campus da universidade federal do espírito santo (Vitória, ES)**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES (Monografia de Graduação). 2007.

PADISÁK, J. & REYNOLDS, C.S. (2003). Shallow lakes: the absolute, the relative, the functional and the pragmatic. **Hydrobiologia**, 506-509: 1-11.

PERRONE, A. **Diagnóstico ambiental da Lagoa da UFES – ES: morfometria e concentrações de matéria orgânica no sedimento e sólidos na água**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Especialização). 1997.

RAMOS, C. S. **Visualização cartográfica e cartografia multimídia: conceitos e tecnologias**. São Paulo: Ed. UNESP, 2005. 178 p.

RAMOS, R.J. **Concentração de Matéria Orgânica, Fósforo e Nitrogênio no Sedimento e na Coluna D'água da Lagoa da UFES (Vitória, ES) e sua Utilização como Indicador na Qualidade Ambiental**. UFES, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2004.

SCHEFFER, M. **Ecology of shallow lakes**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, c1998.

SEMIONATO, S. **Variação temporal da comunidade perifítica (em substrato artificial) e sua utilização como indicador de estado trófico da Lagoa da UFES**,

(Vitória, ES). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2002.

SANTOS, D. C. **Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa artificial no estado do Espírito Santo (lagoa da UFES, Vitória, ES).** (Monografia de Graduação). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 2005.

SILVA, A.O. **Aplicação de Índices Multidimensionais para a Avaliação do Estado Trófico da Lagoa do Campus Universitário Almor de Queirós de Araújo (Vitória, ES).** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2006.

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

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Crater Lake Data Clearinghouse. c2009. Disponível em: <<http://www.oregonexplorer.info/craterlake>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Great Lakes Science Center. c2009. Disponível em: <<http://www.glsc.usgs.gov>>. Acesso em: 9 jun. 2009.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY, Lake Tahoe Data Clearinghouse. c2009. Disponível em: <<http://tahoe.usgs.gov>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

VARGAS, A.N. **Variabilidade diurna do oxigênio dissolvido em um lago eutrófico raso e interações com o ambiente físico-químico.** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. (Monografia de Graduação). 2006.

WETZEL, R.G. **Limnología.** Barcelona: Omega, 1981