

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

**ESTUDO DA DINÂMICA CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA
ÁGUA DE RESERVATÓRIOS URBANOS**

Igor Ogashawara

Prof.Dr. João Afonso Zavattini (orientador)

Prof. Dr. José Galizia Tundisi

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

IGOR OGASHAWARA

**ESTUDO DA DINÂMICA CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA
ÁGUA DE RESERVATÓRIOS URBANOS**

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Orientador: João Afonso Zavattini
Co-orientador: José Galizia Tundisi

Rio Claro-SP
2011

IGOR OGASHAWARA

**ESTUDO DA DINÂMICA CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA
ÁGUA DE RESERVATÓRIOS URBANOS**

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

Doutor João Afonso Zavattini, Professor Adjunto (UNESP)
(Orientador)

Doutor Anderson Luis Hebling Christofolletti (UNESP)

Doutor Antonio Carlos Tavares (UNESP)

Rio Claro, SP 22 de Novembro de 2011


Igor Ogashawara


João Afonso Zavattini

À Mariane Faganello Camargo (*in memoriam*), exemplo de vida, uma pessoa que sempre estava sorrindo e sabia aproveitar a vida de forma intensa. Companheira de festas, baladas e shows; amiga para todas as horas e momentos sejam eles bons ou ruins; irmã sempre que um precisa de apoio, um abraço ou até mesmo colo um do outro; filha sempre que precisa de um conselho de vida, seja ela acadêmica ou pessoal.

Àquela que foi a pessoa mais importante durante meus anos na UNESP e que me fez morder a língua várias vezes quando dizia não ser possível fazer laços de amizade duradouros em um período tão curto que é a graduação.

Àquela que aguentou meus “pisões” nas aulas de dança de salão as quais nos renderam muitas risadas.

Àquela que me falou para prosseguir, e eu, continuei.

Àquela por quem chorei, sorri, gritei e calei.

Àquela que me ensina a viver e conviver com diversas emoções todos os dias.

Àquela que me chamava de pai, eu a chamava de filha.

Àquela que hoje é meu anjo que me guarda e protege.

À minha querida Mari, eterna no coração de todos aqueles que a conheceram.

Dedico.

AGRADECIMENTO

Uma vez um sábio professor parafraseou o filósofo Bernard de Chartres e me disse que nossos mestres são como gigantes e nós somos como anões apoiados nos ombros desses gigantes para que assim possamos enxergar mais longe que eles, e as coisas a uma distância maior, não em virtude de qualquer nitidez de nossa visão ou de qualquer distinção física, mas porque somos carregados e criados por seu tamanho gigante.

Tenho hoje 5 grandes mestres, que me carregaram em seus ombros durante esses últimos anos e aos quais gostaria de manifestar minha a gratidão a todos e de forma particular:

Ao professor que parafraseou Bernard de Chartres, que hoje eu o chamo de orientador e mestre, Professor Dr João Afonso Zavattini, exemplo de ética e compromisso, pela orientação e por ter sempre acreditado e confiado em mim;

Ao Professor Dr José Galizia Tundisi, meu co-orientador e também mestre, por ter me introduzido no mundo da pesquisa científica, por ter me ensinado a amar a ciência além de ser um modelo que pretendo seguir;

Ao Professor Dr Osmar Ogashawara, meu pai, pelas críticas, discussões e cobranças muitas vezes por não entender quais os caminhos que eu quero traçar, mas que me fizeram avaliar diferentes pontos de vista;

À Professora Regina Elena Nakaema Ogashawara, minha mãe, pela dedicação, estímulo e esforços que sempre fez para que eu galgasse todos os degraus da escolaridade;

Ao Professor Dr Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, que apesar de ser um mestre indireto foi o responsável pelas teorias às quais eu muito estudei e que pretendo propagar;

À FAPESP, pela bolsa concedida.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”.
(Isaac Newton)

RESUMO

O presente trabalho buscou desenvolver uma metodologia para análise da qualidade da água com base em conceitos e métodos do clima e da climatologia respectivamente. Dessa forma, buscou-se relacionar técnicas e metodologias hidro-meteorológicas e limno-meteorológicas com a técnica de análise rítmica desenvolvida dentro da climatologia geográfica brasileira para avaliar e analisar as florações de cianobactérias, principal índice de qualidade de água encontrado nos reservatórios da Bacia do Alto Tietê e conseqüentemente da Região Metropolitana de São Paulo, área de alta complexidade ambiental devido ao seu alto grau de desenvolvimento e a sua alta densidade populacional. Os dados meteorológicos utilizados para o desenvolver do trabalho foram coletados a partir da estação meteorológica do IAG/USP e os dados limnológicos foram coletados a partir do Sistema de Monitoramento Hidrológico implantado pela SABESP nos reservatórios de Billings e Guarapiranga assim como os dados laboratoriais da mesma entidade. Os resultados obtidos através da análise rítmica e integrada de todos os dados mostrou que o processo de floração de cianobactérias é dependente não apenas de um fator específico, mas de uma combinação de fatores meteorológicos que podem quebrar a estabilidade do reservatório e proporcionar durante a estabilização as condições necessárias para o desenvolvimento das cianobactérias. Também foi mostrado como o ritmo de entrada de Frentes Polares Atlânticas, durante o inverno paulistano, é um fator que limita o crescimento das cianobactérias devido à sua alta frequência, mantendo o reservatório desequilibrado por todo o período. Mostra-se assim a importância do trabalho para a prevenção e previsão de períodos inapropriados para o uso desses reservatórios principalmente para atividade de recreação.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica. Análise Rítmica. Estratificação. Cianobactérias.

ABSTRACT

The present study sought to develop a methodology to analyze the water quality based on concepts and methods of climate and climatology respectively. In this way, it was tried to relate techniques and methodologies hydro and limno-meteorological with a rhythmic analysis technique developed within the Brazilian geographical climatology to assess and analyze the blooms of cyanobacteria, the main index of water quality found in reservoirs of “Alto Tietê” Basin and consequently the Metropolitan Region of São Paulo, an area of high environmental complexity due to its high degree of development and high population density. The meteorological data used to develop the study were collected from the meteorological station of the IAG / USP and the limnological data were collected from the Hydrological Monitoring System implemented by SABESP in Billings and Guarapiranga reservoirs as well as data laboratory of the same entity. The results obtained by the rhythmic and integrated analyze showed that the process of blooms of cyanobacteria is dependent not only on one specific factor, but a combination of meteorological factors that may disrupt the stability of reservoir and which can, during the stabilization process, provides the necessary conditions to the development of cyanobacteria. It was also shown by the results that the pace of Atlantic Polar Front Entrance during the winter in São Paulo, is a limiting factor to the growth of cyanobacteria due to their high frequency, keeping the reservoir balance throughout the period. Furthermore, another importance of this study is the possibility of prevention and forecasting periods which are inappropriate for the use of these reservoirs mainly for recreational activities.

Keywords: Geographical Climatology. Rhythmic Analysis. Stratification. Cyanobacterias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Hidrografia da Bacia do Alto Tietê	22
Figura 02 - Gráfico de Análise Rítmica e Integrada	40
Figura 03 - Mosaico de imagens de satélite do dia 17 a 20 de janeiro	41
Figura 04 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 17 a 20 de Janeiro	42
Figura 05 - Mosaico de imagens de satélite do dia 13 a 16 de Fevereiro	43
Figura 06 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 13 a 16 de Fevereiro ..	43
Figura 07 – Mosaico das imagens de satélite do dia 28 a 31 de Outubro	44
Figura 08 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 28 a 31 de Outubro	45
Figura 09 – Mosaico de imagens de satélite do dia 23 a 26 de Junho	46
Figura 10 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 23 a 26 de Junho	46
Figura 11 – Sistema de Monitoramento Hidrológico	53
Figura 12 – Localização dos SMH na Bacia do Alto Tietê	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial	30
Quadro 02 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação Logarítmica	30
Quadro 03 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação Raiz Quadrada	31
Quadro 04 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação Quadrática	31
Quadro 05 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido em Profundidade	32
Quadro 06 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação Logarítmica	32
Quadro 07 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação em Raiz Quadrada	33
Quadro 08 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial – Transformação Quadrática	33
Quadro 09 – Matriz de correlação para Turbidez Superficial	34
Quadro 10 – Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação Logarítmica	34
Quadro 11 – Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação em Raiz Quadrada	35
Quadro 12 – Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação Quadrática	35
Quadro 13 – Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade	36
Quadro 14 – Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação Logarítmica	36
Quadro 15 – Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação em Raiz Quadrada	37
Quadro 16 – Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação Quadrática	37
Quadro 17 – Matriz de correlação para Cianobactérias	38
Quadro 18 – Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação Logarítmica	38
Quadro 19 – Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação em Raiz Quadrada	39
Quadro 20 – Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação Quadrática	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AAG – Association of American Geographers
CRHEA - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos
IAG - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PSP – Paralytic Shellfish Poison
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIMA – Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental
UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
URM – Unidade de Monitoramento Remoto
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Proposição do Problema	12
1.2 Os conceitos de clima e metodologias de análise climática	13
1.3 Metodologias Limnológicas	19
1.4 Área de estudo	22
2. DESENVOLVIMENTO	26
2.1 Materiais	26
2.2 Procedimentos Metodológicos	27
2.3 RESULTADOS	30
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A – Análise Rítmica e Integrada.....	53
ANEXO A – Características do Sistema de Monitoramento Hidrológico	54
ANEXO B – Localização dos Sistemas de Monitoramento Hidrológicos.....	56

1 INTRODUÇÃO

1.1 Proposição do Problema

As pesquisas e os estudos sobre o clima estão cada vez mais presentes nas agências de fomentos nacionais, que têm criado chamadas, editais e parcerias para pesquisas nesta área, devido principalmente aos recentes eventos ocasionados pela variabilidade climática. E devido ao incentivo dado ao estudo do clima e aos diversos usos e cobertura da terra foi intensificada a noção de uma variação do comportamento climático de acordo com a rugosidade da superfície terrestre em que a atmosfera atua, gerando assim críticas aos modelos climáticos globais e regionais que não consideram tais variações do espaço geográfico. Nesta visão da física aplicada à criação de modelos, a atmosfera que atua sobre o urbano é a mesma que atua sobre uma área coberta por vegetação ou até mesmo um solo exposto. Os modelos também não consideram o modelado do relevo, ainda mais quanto este sofre variações dentro de uma quadrícula de análise.

No Brasil, o uso de terras próximas a cursos hídricos para inundação e assim a construções de reservatórios é crescente, uma vez que os reservatórios urbanos possuem uma enorme importância social e econômica para os municípios, já que eles são essenciais na geração de energia elétrica no país, chegando a representar, segundo a primeira edição do Atlas de Energia Elétrica do Brasil da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), aproximadamente 84% da capacidade instalada no país. Entretanto para regiões onde há a escassez da água os reservatórios urbanos possuem ainda a função abastecedora aumentando ainda mais sua importância social. Esses reservatórios, distribuídos por toda superfície terrestre, também estão sobre a influência das intempéries climáticas. Dado a esse fato, diversos trabalhos foram desenvolvidos no Brasil, principalmente com os estudos de reservatórios tropicais, na tentativa de demonstrar quais os efeitos causados pelos fatores meteorológicos nesses ambientes aquáticos.

Essas pesquisas foram aqui classificadas em duas linhas aqui definidas como a “hidro-meteorológica” e a “limno-meteorológica”, onde a diferença é o foco de análise de cada uma, onde constitui como parte da primeira linha, trabalhos mais voltados para os estudos dos fatores meteorológicos e sua contribuição para a dinâmica dos reservatórios, voltados assim para a geração de dados para a modelagem do corpo hídrico; já a segunda linha contém trabalhos voltados para o

comportamento dos parâmetros limnológicos assim como da vida aquática sobre a influência de alguns fatores meteorológicos como vento, temperatura e precipitação.

No estado de São Paulo, principal centro de desenvolvimento de estudos e formação de profissionais para as duas linhas aqui classificadas, podemos encontrar a influência de duas escolas: a já consagrada na história da limnologia brasileira a “Escola de São Carlos”, que desenvolve pesquisas limnológicas a mais de 40 anos na Represa do Broa que serve como reservatório da Usina Hidroelétrica do Lobo e onde está localizado o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da Universidade de São Paulo (USP) do Campus de São Carlos; e o que chamo aqui de “Escola do INPE”, que nos últimos anos vêm realizando importantes pesquisas na linha da hidro-meteorologia, com a utilização de dados de sensoriamento remoto e de um sistema de coleta automática de dados – Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental (SIMA) – utilizados para a elaboração de modelos, mas também para o entendimento mais físico-matemático dos reservatórios no país.

Porém as duas linhas de pesquisa aqui definidas trabalham muito com correlações entre os fatores meteorológicos e os efeitos aos parâmetros limnológicos e/ou à fito e zoo geografia aquática; não dando muita atenção ao conceito de clima, à climatologia ou às metodologias climatológicas desenvolvidas desde o final do século XIX. Desta forma, apesar do geógrafo francês Emmanuel de Martonne ter exposto em 1920, a necessidade do estudo do clima para ambientes aquáticos, que segundo ele poderia “exercer importante função para a estabilidade do ambiente”; não há hoje no Brasil um trabalho que se enquadre em uma linha de pesquisa, aqui intitulada de “climática-limnológica”. E são nessas poucas linhas que o geógrafo francês publicou em seu livro intitulado de “*Traité de géographie physique: Climat, Hydrographie, Relief du sol, Biogéographie*” que o presente trabalho encontrou inspiração para buscar relacionar uma metodologia climatológica para a avaliação dos parâmetros físicos e limnológicos de reservatórios urbanos.

1.2 Os conceitos de clima e metodologias de análise climática

O ser humano sempre viveu sob os efeitos do clima sendo este responsável por diversas escolhas feitas pelas civilizações primitivas que ao adquirirem conhecimentos puderam desenvolver diversos conceitos de clima, cada um

abrangendo a corrente filosófica da época. E é a partir desta releitura epistemológica do estudo da climatologia que busquei aqui iniciar a linha climática-limnológica, buscando na história da climatologia os alicerces que embasaram o estudo da climatologia dinâmica ou do que aqui chamasse de “Escola Monteriana”, precursora no estudo do ritmo climático e do que hoje conhecemos como climatologia geográfica brasileira.

E o primeiro conceito de clima elaborado pelos filósofos gregos na antiguidade, segundo Jesus (1995, p. 126) *apud* Ely (2006) foi que “o conceito “Klima” [...] era utilizado para designar o resultado da inclinação da Terra em direção aos Pólos ou a inclinação do eixo da Terra sobre o plano da elíptica, originando nossa noção de latitude”. E a partir dessa primeira definição passaram a considerar a variabilidade do “klima” de acordo com a questão latitudinal, criando assim as primeiras classificações climáticas por zonas latitudinais.

Os conhecimentos apresentados pelos gregos assim como suas classificações do globo perduraram por muitos séculos e só foram colocados em questionamento com o início das navegações, pois a expansão marítima, segundo Ely (2006), “constatava que as zonas tórridas eram passíveis de habitação, que eram áreas de climas muito mais amenos do que se imaginava”. Ainda segundo a autora, foi no período das navegações que os homens começaram a descrever e anotar suas observações sobre as ocorrências de tempestades e furacões, na tentativa de conseguir mapear essas ocorrências e assim poder fugir delas durante a navegação, porém os registros não aconteciam de forma ordenada.

A partir de então os conhecimentos produzidos na antiguidade foram cada vez mais criticados, devido à grande importância dada, na época, à linguagem geométrica e matemática que estava se expandindo. E é nesse período de descobertas, invenções e questionamentos que Jesus (1995, p. 82) *apud* Ely (2006) destaca o trabalho onde “Cardenal de Gusa elaborou uma grade para a determinação da umidade do ar pesando bolas de pelos de animais e Leonardo Da Vinci construiu um medidor mecânico para a quantificação desse mesmo elemento atmosférico”.

E é no período da Idade Moderna que se firmará o aprecio dos estudiosos para com as metodologias cartesianas, geométricas e matemáticas. Para demonstrar um pouco da mentalidade da época e seu aprecio para os resultados

exatos, Ely (2006, p. 17) descreve como deveria ser realizado um trabalho científico dentro das recém-surgidas academias:

“as teorias deveriam ser integralmente comunicáveis através da fala ou de forma escrita; valorizava-se a discussão dos assuntos matemáticos e naturais, discutia-se as hipóteses e se propalava a realização e repetição de experimentos que, a princípio, se constituíam em expressões matemáticas. Mais tarde desenvolveu-se simulações e equipamentos experimentais.” (ELY, 2006, p.17)

É também nesse período que, na história do pensamento geográfico, a geografia busca se tornar uma ciência através do estabelecimento de objetos e métodos próprios, deixando assim de utilizar metodologias de outras ciências. Apesar desta busca pela “cientificação” da geografia, já era conhecido que algumas de suas áreas do conhecimento possuíam objetos e métodos bem definidos, como o caso da geologia, geomorfologia e climatologia; fato este de tamanha importância que a geologia acabou hoje constituindo uma ciência própria.

Para a climatologia, a estabilização de seus objetos e métodos foi realizado para se ter um estudo coeso e coerente a fim de estabelecer o mesmo rigor científico para todos aqueles que realizam estudos do clima. Esse pensamento da sociedade científica proporcionou as condições com que Hann elaborasse o primeiro manual de climatologia: “*Handbuch der klimatologie*”, que abordou conceitos gerais sobre a climatologia e apresentou a climatologia regional que abordava a descrição dos climas regionais. Porém, sua maior contribuição foi a apresentação da definição para clima designando-o como “[...] o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra” (HANN, 1882 *apud* MONTEIRO, 1976a, p. 22).

Essa definição de clima proposta por Hann fez surgir o que no Brasil chamamos de Climatologia Tradicional e nos Estados Unidos Skaggs (2004, p. 446) chama de “Era de Formação da Climatologia”. Trabalhos pertencentes a esse paradigma dentro da climatologia baseavam-se na utilização de técnicas estatísticas para realizar abordagens generalizadoras baseadas em valores totais e médias anuais e mensais dos parâmetros meteorológicos, sem levar em consideração a dinâmica atmosférica atuante.

Para analisar a produção científica oriunda desse momento na história da climatologia, relembro aqui as palavras proferidas pelo professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro em maio de 2008, durante a comemoração do dia do geógrafo em meu primeiro ano na Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita

Filho” no Campus de Rio Claro, e novamente as palavras por ele proferidas no ano de 2010, durante a comemoração dos 20 anos do Laboratório de Climatologia da UNESP de Rio Claro, onde dizia que o clima era trabalho e conceituado como uma coisa muito estática, onde através do estudo das médias você chegava à uma conclusão. Cita ainda o exemplo da classificação de Köppen, que por ela podíamos concluir que Belém do Pará tinha o mesmo clima de Santos, o que para ele é um absurdo uma vez que a dinâmica climática de Belém não permite uma onda de frio durante o inverno da forma como ocorre no município de Santos. E essas observações não foram notadas apenas no Brasil, Skaggs (2004) quando analisa a posição de Davis sobre a climatologia escreve: “It is clear that Davis did not really approve of climatological research based on a definition of climate as average weather”. Mostra assim que uma abordagem menos estatística também se via necessária no estudo climatológico estadunidense.

Passa assim a procura de um novo enfoque a ser dado para a climatologia ir além das médias e estatísticas, e é nessa busca que Harlan Barrows (1922) escreve:

“Geography as human ecology would not be concerned with an explanation of the character and distribution of the different climates of the world, but with the human relations of climate, commonly as one element merely of an environmental complex” (BARROWS, 1922 *apud* SKAGGS, 2004, p. 447).

Atravessando o oceano Atlântico e indo da escola estadunidense de geografia para a francesa, Zavattini (2000) escreve que os estudiosos do clima passaram a pensar em um novo tipo de abordagem somente após a efervescência da escola francesa, período em que Maximilien Sorre, um dos geógrafos que mais avançou em termos das formulações lablachianas a partir da década de 1930, propôs que a Geografia deveria estudar “as formas pelas quais os homens organizam o meio, entendendo o espaço como a sua morada”.

Tanto a contribuição de Barrows como a de Sorre foram o marco inicial para a busca de conseguir relacionar o estudo da climatologia com o lado humanístico da geografia, fazendo com que a atmosfera começasse a ser vista dentro de uma outra perspectiva, àquela relacionada com o homem.

Skaggs (op. cit.) faz assim uma análise dos últimos 50 anos de estudos de climatologia geográfica nos anais da Association of American Geographers (AAG) e, no que ele considera como era moderna da climatologia geográfica, após a

contribuição de Barrows, os geógrafos passaram a olhar o clima como um sistema onde a atmosfera está ligada com a hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera. Ainda segundo o autor outra mudança ocorreu ao perceber que o clima não é estático e tão pouco varia lentamente. Com essas duas ideias Skaggs descreve então a análise climatológica sinótica utilizada nesta “nova Era”:

“Early synoptic climatology dealt with air mass frequencies, air flow, frontal boundary frequencies, and other characteristics of the Norwegian synoptic model. Later, emphasis changed from surface circulation to upper air patterns, in part because of the simpler patterns and in part because of increased recognition of upper tropospheric forcing of surface conditions”. (SKAGGS, 2004, p. 448).

Na França, Max. Sorre, em seu tratado *“Les Fondements de La Géographie Humaine”*, Tomo 1º *“Les Fondements Biologiques”*, elaborou uma nova definição de clima baseando-se nos avanços da meteorologia dinâmica, na revisão do conceito de Hann, considerando as características locais do complexo climático e assumindo uma nova postura no que diz respeito à dinâmica deste complexo. Dessa forma, define clima como “série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual”. Onde os estados atmosféricos do conceito sorreano são tipos de tempo meteorológicos com suas complexidades, associações e dinâmica característica, e seu comportamento sazonal sobre determinado lugar é essencial na definição do clima local e regional.

Embora o “tempo”, unidade de análise dos fenômenos climáticos, não se apresente com características semelhantes a todo o momento e a cada lugar, o ritmo sazonal desses tipos de tempo constitui uma dinâmica singular a cada estação do ano. Sorre tratou o clima do ponto de vista da biologia humana e apresentou cinco regras ou princípios gerais para a abordagem da climatologia como apresentada por Monteiro (1976a, p. 23):

- 1ª) Os valores numéricos que serão utilizados pelas diversas escalas são valores críticos para as principais funções orgânicas;
 - 2ª) Uma definição climatológica deve abranger a totalidade dos elementos do clima susceptíveis de agir sobre os organismos;
 - 3ª) Os elementos climáticos devem ser considerados em suas interações;
 - 4ª) Qualquer classificação climática deve acompanhar de perto a realidade viva;
 - 5ª) O fator tempo (duração) é essencial na definição dos climas.
- (MONTEIRO, 1976a, p. 23).

A partir dos pressupostos de Sorre, os geógrafos passaram a olhar de outra forma para o estudo do clima, e outro francês, Pédelaborde, em 1970 com a publicação de sua obra *“Introduction à l'étude scientifique du climat”*, segundo Zavattini (2000, p. 27) afirma que a climatologia “estuda as características da

atmosfera no seu contato com a superfície terrestre, preocupando-se com a distribuição espacial destas características”, ainda sobre a mesma obra Zavattini (op. cit.) acrescenta que tanto a Geografia, tanto a parte física como humana, deve ser considerada pois “o relevo, os solos, os rios, os lagos, os oceanos, o meio vegetal e as cidades exercem influências no clima”.

O trabalho e a importância dos estudos de Pédelaborde para o desenvolvimento da climatologia é assim analisado por Zavattini (op.cit):

“Encerrando essa discussão sobre a busca do ritmo como paradigma dos estudos geográficos do clima no Brasil, pode-se e deve-se informar aos alunos que PÉDELABORDE (1957), ao estudar os tipos de tempo na Bacia Parisiense, embora tomando o clima como “o ambiente atmosférico constituído pela série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual” (SORRE, 1951), produziu apenas uma descrição sumária e sistemática da atmosfera, um “catálogo de tipos de tempo”, pois ignorou o encadeamento e as sequências rítmicas que se produzem na atmosfera.” (ZAVATTINI, 2000, p. 32).

O autor mostra que Pédelaborde não considerava que os tipos de tempo possuíam um ritmo de sucessão ao contrário da análise rítmica proposta pelo professor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, que segundo Zavattini (op. cit.) “significa conhecer a dinâmica atmosférica e possuir boa dose de paciência para executar os gráficos diários/horários, quase sempre se frustam”.

As diferenças entre as abordagens de Pédelaborde e Monteiro foram resumidas pelo próprio criador da análise rítmica ao escrever:

“Enquanto para Pédelaborde o paradigma (que certamente não é o estado médio da atmosfera, o que o aproxima de Sorre), seria “a totalidade dos tipos de tempo”, para mim é o ritmo, ou seja, o encadeamento sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados.” (MONTEIRO, 1976:30 *apud* ZAVATTINI, 2000, 33).

Destaca-se assim o trabalho do professor Monteiro, que buscava tornar a climatologia “mais geográfica”, e assim descreveu o carácter geográfico de sua teoria:

“Acreditamos que a abordagem alcança o nível geográfico quando colocamos a análise dos tipos de tempo em sequência contínua. Embora nas mais diferentes escalas de tempo ou espaço – desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenómeno local – será necessária a continuidade da sequência. Por coerência com a noção de “sucessão” de que se reveste o carácter geográfico do clima. Porque só o encadeamento dos estados atmosféricos mostra os “tipos” esquematizados na análise meteorológica precedente, em suas perspectivas reais, revestidos de suas infinitas gradações e facetas. Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a sequência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica.” (MONTEIRO, 1969, p.13).

E é com esse novo paradigma “mais geográfico” que Monteiro chama a atenção para os estudos de meteorologia dinâmica iniciados por Adalberto Serra com o intuito de conseguir visualizar e compreender o ritmo climático de um determinado lugar, uma vez que a gênese dos fenômenos é um dos grandes objetivos da análise dinâmica em climatologia e isso é possível através da análise da circulação atmosférica regional.

Sua técnica foi concebida através da união de uma associação analítica e integrada dos diferentes elementos do clima no ritmo de sucessão habitual, da utilização cartas sinóticas sequenciais do tempo com a finalidade de compreender a circulação atmosférica regional e da necessidade de se elaborar uma melhor classificação genética dos climas regionais; consistindo assim em uma representação do ritmo climático sobre uma determinada localidade.

Com base nesta breve e resumida releitura da história da climatologia, principalmente da climatologia geográfica, justifica-se a importância desta pesquisa sobre o efeito do clima, e não de apenas alguns elementos climáticos ou do tempo, sobre os reservatórios de centros urbanos. Cria-se aqui a linha climática-limnológica que se utiliza além de conceitos da “Escola de São Carlos” e da “Escola do INPE” também de mais uma escola denominada, neste trabalho, como a “Escola Monteriana” de climatologia, precursora da metodologia para o estudo do ritmo climático, aqui utilizado para entender como o clima afeta o que Martonne (1920) chamou de estabilidade do corpo hídrico e quais seus efeitos para com a qualidade da água.

1.3 Metodologias Limnológicas

As metodologias limnológicas estão divididas entre dois eixos, aqui apresentados como “Escola de São Carlos” e “Escola do INPE”. A primeira, preconizada pelo professor Tundisi em 2004 (Tundisi et. al., 2004), baseia-se em alguns estudos fundamentais de mestres da limnologia:

De Straškraba (1990, 1993) *apud* Tundisi et al. (2004) os autores consideram o efeito da estratificação e mixagem da estrutura vertical de reservatórios rasos, onde os ventos causam estresses no regime deste ambiente aquático e podem causar diferentes respostas dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

De Padisak (1992, 1993) *apud* Tundisi et al. (2004) os autores utilizaram os estudos onde a autora, especialista em fitoplânctons, mostrou como as perturbações promovidas pela ação do vento, sua força e direção, tem um efeito na dinâmica das populações e diversidade de espécies de fitoplânctons. Foi também complementada essa ideia com os estudos de Reynolds (1992) *apud* Tundisi (2004) onde a sucessão de espécies também sofrem efeitos das perturbações.

De Imboden (1992) *apud* Tundisi et. al (2004) foi utilizado o seu estudo sobre o impacto da mistura no crescimento de algas e a distribuição vertical das mesmas apontando que os nichos em sistemas aquáticos são produzidos por variações nos processos temporais, verticais e horizontais da estrutura física.

Este trabalho de Tundisi et al. (2004) baseando-se nesses conceitos, aqui brevemente expostos, mostrou como que os distúrbios atmosféricos estão relacionados com a estratificação e mistura além da sua resposta nas variáveis físicas, químicas e biológicas em reservatórios, implicando na dinâmica de populações fitoplanctônicas nesses ecossistemas, em especial no desenvolvimento de cianobactérias e diatomáceas

Um orientando do professor Tundisi, Sebastien (2004) *apud* Moraes (2010), teve como área de estudo os reservatórios de Barra Bonita, Carlos Botelho e Tucuruí onde pode observar que no verão e inverno, os reservatórios Lobo - Broa e Barra Bonita, caracterizados como rasos (máxima profundidade: 30 m), apresentaram - se estáveis em virtude do vento fraco, com pequenas variações de temperatura. No mesmo trabalho o autor mostra que há a proliferação de algas, como as *Bacillariophyceae*, *Diatomaceae* e *Cyanophyceae*, devido ao aumento de nutrientes como Si, PO_4 , NO_2 , NH_4 , PO_4 , NO_3 , que tornam-se disponíveis para as algas em razão ao revolvimento no fundo do reservatório que é induzido pela turbulência ocasionada em sua superfície durante os dias de vento forte. Este processo é caracterizado pela redução de temperatura e aumento de pressão no outono ou aumento de temperatura e redução de pressão na primavera, mas possui um agente catalizador que é o vento.

No trabalho inicial deste eixo Tundisi et. al (op. cit.) também estudou a represa Carlos Botelho, e mostraram que o reservatório apresentava estratificação (térmica, química e biológica) na coluna d'água em períodos calmos. Mas durante a passagem dos sistemas frontais, com ventos a partir de 6 m/s, a coluna sofria uma mistura completa. Segundo eles, esse tipo de efeito está intimamente relacionado

com a força e direção do vento, e pode ser generalizado para todos os reservatórios rasos do sudeste do Brasil, em particular os do estado de São Paulo.

O estudo deles é engrandecido quando estudam a *Cyanophyceae*, que ao uso humano apresenta um efeito tóxico, e de acordo com a espécie, podem comprometer o uso do reservatório com o aumento de sua concentração. Tem-se assim destacado o objetivo da “Escola de São Carlos”, estudar os sistemas frontais e suas importâncias no que se diz respeito ao gerenciamento de represas, especialmente àquelas destinadas para o consumo.

Aqui nomeada “Escola do INPE”, segue uma linha diferente da escola liderada pelo professor Tundisi, e a respeito dessa segunda escola, Alcântara et. al. (2005) escrever:

“A resposta de cada corpo d’água às condições externas (processos hidro-meteorológicos) é revelada em um primeiro momento por meio da sua estrutura térmica. A variação da área e volume de um corpo d’água é determinado pelo balanço de entrada e saída de água e a sua temperatura é governada pelo balanço de energia na superfície da água; ambos acoplados à atmosfera (Moreno-Ostos et al., 2008). Em resposta às entradas de massa, energia, e momentum (precipitação, radiação, e cisalhamento do vento), os corpos d’água retornam à atmosfera calor e umidade, por meio de processos como condução (fluxo de calor sensível) e evaporação (fluxo de calor latente)”. (ALCÂNTARA, 2005, p. 5185)

Com essa breve descrição, fica claro os diferentes objetivos de cada linha de pesquisa, e esta é também chamada por Alcântara et al. (op. cit.) de “hidro-meteorológica”, iniciada com a pesquisa de Stech e Lorenzzetti (1992) *apud* Alcântara et. al. (2010, p. 9439), na qual estudaram como as passagens de frentes frias está normalmente relacionada com a queda da temperatura e pressão do ar que está acompanhada da intensificação da intensidade do ar.

São assim elencados os seguintes conceitos que norteiam as pesquisas da “Escola do INPE”:

- As respostas dos corpos aquáticos para as condições meteorológicas são primeiramente reveladas pelas suas estruturas verticais termais (AMBROSETTI e BARBANTI, 2001) *apud* (ALCANTARA et. al., op. cit.).
- O conhecimento preciso da dinâmica física dos reservatórios é relevante para os estudos hidrobiológicos e de qualidade da água como controle físico da estrutura biótica que nos reservatórios que é mais importante que nos lagos naturais (UHLMANN, 1998) *apud* (ALCANTARA et. al., op.cit.)

- Dinâmicas de temperatura e calor da água possuem influência significativa na qualidade da água e na ecologia de lagos e reservatórios (WETZEL,1983) *apud* (ALCANTARA et. al., op. cit.)

Sobre as diferenças entre os seus estudos com o de Tundisi et. al. (2004), Alcântara et. al. (2010) escreve:

“Tundisi et al. (2004) had explored the influence of cold fronts passage in the water quality in reservoirs and describes that most important finds of the cold front passage over a Brazilian hydroelectric reservoir is the release of iron and manganese due to the possibility to increase costs of the drink water treatment. However the authors don't shown and explain the impacts of the cold front passage in the heat exchange between water surface and the atmosphere and their implications to the thermal structure”. (ALCANTARA et. al., 2010, p. 9439).

Fica clara a diferença entre os objetivos das duas escolas aqui definidas, sendo a primeira voltada para os parâmetros mais limnológicos e a segunda para a modelagem de reservatórios.

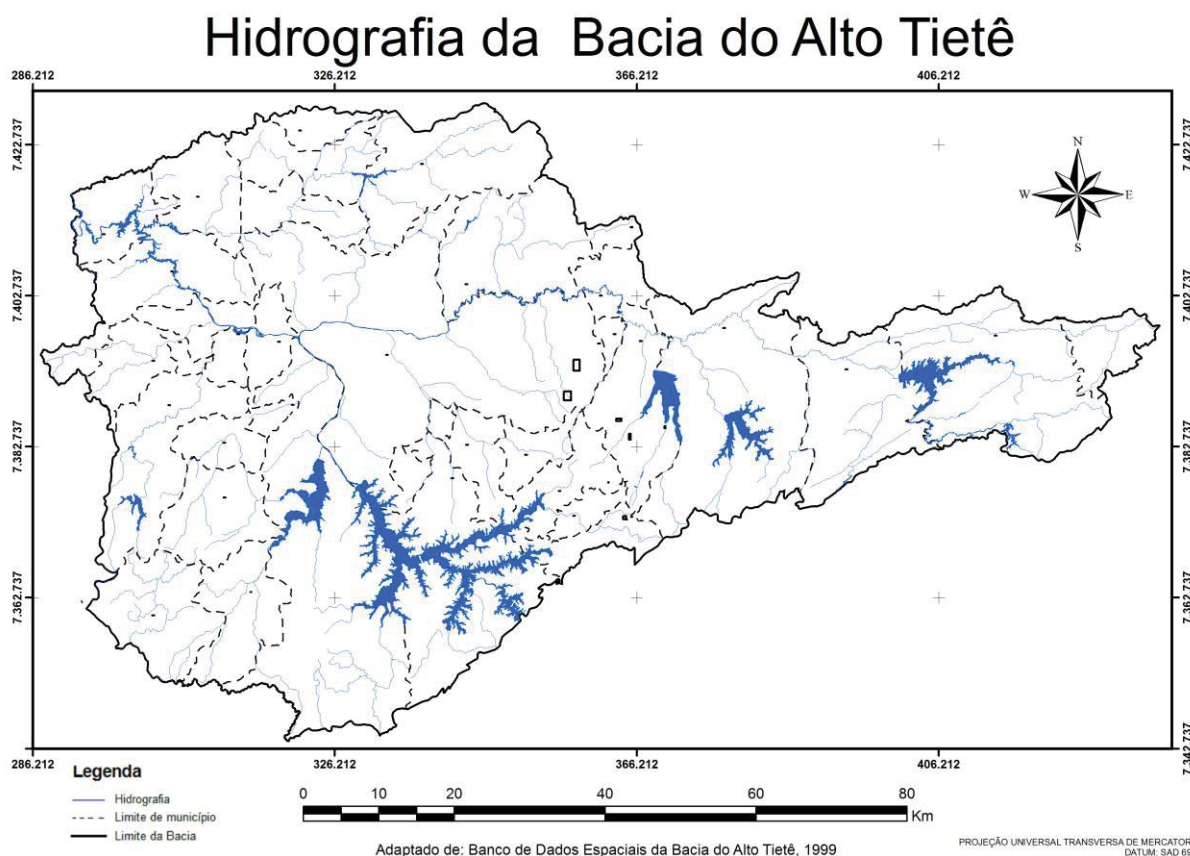
1.4 Área de estudo

A área de estudo para o presente projeto abrangeu a Bacia do Alto Tietê, pois como o projeto baseia-se em uma visão sistêmica, não se deve analisar de forma pontual ou apenas os reservatórios de Billings e Guarapiranga, limnologicamente podemos dizer que os reservatórios são os produtos dos vários efluentes que estão inseridos dentro de uma mesma bacia hidrográfica, contendo assim elementos característicos de toda a drenagem o que justifica assim a escolha desta escala de estudo para a área a ser aqui analisada, que pode ser vista na figura 1. A drenagem (figura 1) é comandada pelo rio Tietê, que possui um fluxo que se desloca de leste para oeste, recebendo na área urbana da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) os seus principais afluentes, os rios Tamanduateí e Pinheiros. Devido a grande extensão e densidade da ocupação urbana, resultantes do desenvolvimento econômico e do crescimento populacional acelerados, a cidade sofre com a escassez de água potável.

A área da Bacia do Alto Tietê praticamente coincide com os limites da RMSP, e segundo Campos (2009, p.15) envolve 70% do território da RMSP e 99,55% de sua população. Essa situação, de bacia hidrográfica altamente urbanizada, leva a diversos problemas ambientais oriundos, segundo a autora (op. cit.), pela “adoção de padrões inadequados de exploração, uso e consumo dos recursos hídricos nas

diversas atividades” não somente industriais, mas também domésticas em virtude dos processos intensos de urbanização na RMSP. Uma das mais importantes consequências dessas atividades inadequadas é a escassez de água potável, além de seus diferentes usos e usuários, fazendo com que essa tenha que ser importada de bacias vizinhas à Bacia do Alto Tietê.

Figura 01 – Hidrografia da Bacia do Alto Tietê



Adaptado de: Banco de Dados Espaciais da Bacia do Alto Tietê (1999). Organizado por Ogashawara, I. (2011)

A bacia do Alto-Tietê possui uma área de drenagem de aproximadamente 5.650 km², que inclui os seguintes municípios: Arujá, Barueri, Biritiba Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embú, Embú-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapeceira da Serra, Itapevi, Itaquapecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo, Suzano, Taboão da Serra, Jujutiba e São Lourenço da Serra.

A Região Metropolitana de São Paulo e consequentemente a Bacia do Alto Tietê, estende-se por uma área de relevo com poucas variações, e que segundo

Pacheco (1984) é cercada por um anfiteatro de elevações em todas as suas direções: a Norte é representada pelas Serras da Cantareira, a Leste pela Serra de Itapi, a Sul pela Serra do Mar e a Oeste e Sudoeste pelos maciços de Itapecerica e São Paulo.

A topografia da área, que está situada sobre um platô, apresenta baixos declives em média da ordem de 15 a 17 centímetros a cada quilômetro. De acordo com Ab'Sáber (1958, p.185), “do fundo dos principais vales da região (Tietê – Pinheiros – 720m) até as colinas mais elevadas do espigão divisor (813-830 m) existe uma amplitude de pouco mais de uma centena de metros”. Ainda conforme Ab'Sáber (op. cit.), a área em que se encontra a cidade de São Paulo apresenta, basicamente, três níveis topográficos:

- as planícies das várzeas dos três maiores rios: Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, com altitude de cerca de 720m;
- os espigões que atuam como divisores de águas - como o da Avenida Paulista, que separa as águas do Tietê das do Pinheiros;
- níveis intermediários, de tabuleiros próximos às várzeas e de colinas pregadas aos espigões.

O clima local é o Tropical de Altitude, porém devido a todas essas rugosidades, possui características bastante específicas principalmente devido a topografia da área e sua posição geográfica “próxima” ao oceano, sofrendo interferência ainda do oceano Atlântico. Os efeitos dessas especificações geográficas na área de estudo podem ser vistos sobretudo no verão, quando o ar que é muito úmido, sobe, se resfria e então chove. Ainda no verão, devido à alta radiação térmica, com frentes frias que vêm do Sul, cria-se condição especial para chuvas fortes.

Todas essas características tornam a bacia do Alto Tietê como a porção do espaço geográfico brasileiro de maior grau de interferência humana e alteração do ambiente natural. Fato que leva Monteiro (1976b, p.11) a refletir que “a diversificação e o grau elevado de implantação industrial já contrapõem aos lucros inconvenientes de uma poluição ambiente que aflige, sobretudo, a área metropolitana”.

Analisando agora a questão climática da Região Metropolitana de São Paulo, Monteiro (op. cit.) escreve:

Assim sendo, o território paulista constitui-se num excelente universo de análise climatológica, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiente. Essa importância avulta, seja a nível universal, por se tratar de

destacado caso de ocupação do espaço geográfico sob o trópico, seja mais significativamente, a nível nacional, porquanto as decisões atuais e futuras estarão muito mais dirigidas a corrigir erros e inconvenientes do processo de ocupação, racionalizando a organização do espaço. E seus resultados positivos serão extremamente necessários a implementar em outras regiões brasileiras, algumas delas em via de ocupação efetiva. (MONTEIRO, 1976b, p.11).

Segundo o professor Carlos Augusto, estudar o clima em um ambiente de tamanha complexidade como é a RMSP, devido a todos os seus processos de urbanização e povoamento, é essencial para criar um modelo que pode servir de exemplo global, dada a ser um sistema complexo, como é o caso do trabalho aqui exposto.

1.4.1 O Reservatório de Billings

A Represa Billings está localizada entre as coordenadas 23°47' S e 46°40' W, com área aproximada de 120 km², profundidade máxima de 18 metros e tempo de retenção de 720 dias (GEMELGO et. al., 2008). Apresenta formato complexo, dendrítico, constituído de um corpo central alongado e estreito, com oito braços laterais (CETESB, 2003).

Segundo Fracalanza e Sinisgalli (2009), o reservatório foi formado em 1927, pela Companhia Light, para a geração de energia hidrelétrica na Usina Henry Borden, localizada na Serra do Mar, mais precisamente no município de Cubatão. Dessa forma o engenheiro americano Asa Billings, idealizou o reservatório para aproveitar as águas do Alto Tietê para a geração de energia nessa usina. Porém, atualmente não é apenas a exploração para a hidrelétrica que se tem realizado no reservatório, que também tem sido usado para diversas atividades como esportes náuticos, natação e pesca.

Um dos maiores problemas de Billings é a alta concentração e variação de cianobactérias, isoladas em inúmeros trabalhos realizados por pesquisadores brasileiros e estrangeiros, podendo até ser encontrada uma cianobactéria que produz neurotoxinas do tipo Paralytic Shellfish Poisons (PSP).

1.4.2 O Reservatório de Guarapiranga

A Represa do Guarapiranga está localizada a 23°43' S e 46°32' W; possui área inundada de 33 km², profundidade máxima de 13 metros e tempo de retenção de 185 dias, fornecendo 11 mil litros de água por segundo para cerca de 3,7 milhões de pessoas (GEMELGO et. al., 2008) Possui morfologia do tipo dendrítica, estreita e

alongada, o que acentua a influência do uso e ocupação do solo em sua bacia hidrográfica (CETESB, 2003).

Foi construído entre 1906 e 1908, também com a intensão de produção de energia elétrica e regulação da vazão do rio Tietê; e se insere na porção sudoeste da bacia. Assim como Billings seu uso é variado, a população acaba usando o reservatório não apenas para a geração de energia, mas também para lazer, banho e esportes náuticos.

Seus maiores problemas são a degradação ambiental, que foi intensificada com o rápido crescimento da metrópole paulista assim como a alta concentração de cianobactérias durante todo o ano.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais

Foram utilizados dados climatológicos horários do ano de 2009 coletados e fornecidos pela estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP), localizada no Parque das Fontes do Ipiranga - parte Sul - Bairro da Água Funda – Cidade de São Paulo – SP. Estes dados, matéria prima para análise rítmica, são referentes aos seguintes fatores climáticos: pressão atmosférica, temperatura, umidade, duração do brilho solar, precipitação, direção e intensidade do vento e nebulosidade.

Para os dados limnológicos das represas Billings e Guarapiranga, foram coletados, a cada 30 minutos, por meio de sondas instaladas nas Unidades de Monitoramento Remoto (UMR) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e pelas análises laboratoriais desta mesma companhia realizadas, aproximadamente, a cada 15 dias. As sondas coletaram os seguintes parâmetros: pH, Temperatura, Condutividade, Potencial de Oxi-redução, Turbidez e Oxigênio Dissolvido. Já os dados laboratoriais foram úteis para a concentração de cianobactérias.

A duração temporal do trabalho para as análises climatológicas e limnológicas foi o ano de 2009 que foi escolhido a partir da disponibilidade de dados limnológicos da SABESP, considerando-se que os mesmos abrangiam um período de registro

bastante curto por ser uma sonda experimental que funcionou do ano de 2009 até os primeiros meses de 2010 e que foram disponibilizados pela SABESP através de arquivos digitais disponibilizados em seu site na internet.

Para a análise rítmica foram utilizadas como apoio para entender a dinâmica atmosférica assim como para a caracterização dos tipos de tempo atuantes: 340 análises sinóticas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, 739 cartas sinóticas da Marinha do Brasil, e 1453 imagens do satélite GOES 10 também disponibilizadas pelo CPTEC/INPE em meio digital on line.

A elaboração do gráfico de análise rítmica, assim como das tabelas foi realizada através do software “Microsoft Office Excel 2007” da “Microsoft Corporation”. Já para a análise e tratamento estatístico dos dados climatológicos e limnológicos à série temporal definida para esta pesquisa, foram realizados através do software “BioEstat 5.0” do Instituto Mamirauá.

A delimitação, localização geográfica, escala de análise da área de estudo, foram obtidas graças ao software ArcGIS 9.3. As correções cartográficas que se fizeram necessárias, bem como a montagem e criação de algumas figuras e quadros foram elaborados através do software CorelDRAW.

Todos os softwares citados trabalham em sistema operacional Windows XP, de propriedade da Microsoft Corporation®.

2.2 Procedimentos Metodológicos

O projeto iniciou-se com a obtenção dos dados meteorológicos para o desenvolvimento desta pesquisa, porém, como exposto por Zandonadi (2009), a busca e obtenção dos dados meteorológicos no Brasil é muito burocrática o que a faz quase inacessível.

Desta forma, procurou-se uma alternativa dentro do próprio ambiente acadêmico, com o intuito de facilitar o procedimento, para a obtenção dos dados aqui trabalhados, o que nos levou à estação meteorológica do IAG/USP, onde após o preenchimento e envio de um formulário, disponibilizado no próprio site da Estação Meteorológica do IAG/USP, foi possível a obtenção dos mesmos sem toda a burocracia encontrada por Zandonadi (op.cit.) nos órgãos governamentais.

Os dados fornecidos pela Estação Meteorológica do IAG/USP se encontrava no formato de planilhas do Microsoft Office Excel, o que facilitou para o manuseio

das mesmas, para a elaboração do gráfico de análise rítmica utilizando o mesmo software. A elaboração do mesmo se deu através da transformação numérica em gráficos afim de facilitar a visualização do ritmo climático, dessa forma o gráfico de análise rítmica foi organizado na seguinte ordem:

1º pressão atmosférica dos horários das 12:00 e 00:00 (GMT) expressadas em linhas contínuas, estes horários foram escolhidos pois coincidem com os analisados nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

2º temperatura máxima, mínima e do horário das 15:00 (GMT), os extremos (temperatura máxima e mínima) foram representados por uma barra ligando as extremidades, e a temperatura referente as 15:00 (GMT) expressada em uma linha contínua. A escolha deste horário deve-se por ser um horário elevadas temperaturas, muitas vezes próxima da máxima, o que promove uma maior movimentação convectiva do ar, ponto que pode alterar a estabilidade da água.

3º umidade máxima, mínima e do horário das 15:00 (GMT), todos expressados em linha contínua. A escolha do horário deve-se aos mesmos motivos já explicados anteriormente.

4º duração do brilho solar, expressado em uma linha contínua, representa a duração em um dia.

5º precipitação, expressada em um gráfico de colunas, mostra a quantidade (em mm) de chuva diária.

6º direção e intensidade do vento, expressando a direção com letras e a intensidade numericamente. Foram utilizados 2 horários os das 09:00 (GMT) e o das 15:00 (GMT) escolhidos por serem onde há uma maior intensidade dos ventos.

7º nebulosidade, expressada por meio gráfico com a cobertura total, parciais ou inexistente, conforme consta na legenda do gráfico da análise rítmica.

8º tipos de tempo, divididos em 3 momentos do dia: manhã, tarde e noite. Foram classificados com base na análise das cartas sinóticas, das imagens de satélite e dos gráficos anteriores.

Após a elaboração do gráfico de análise rítmica, foram utilizadas metodologias estatísticas, parecidas com as utilizadas pela “escola do INPE” para avaliar a correlação entre as variáveis meteorológicas com as variáveis limnológicas coletadas automaticamente pelo sistema de monitoramento automático, para este procedimento foram utilizados os seguintes passos:

1º adequação dos dados – quando necessário adequar os dados meteorológicos com os limnológicos, pois devido a alguns problemas no equipamento, a série limnológica possui algumas falhas que não podem ser corrigidas, por se tratar de um equipamento inovador, não possuindo assim uma outra estação para a comparação dos dados, ou até mesmo uma coleta e análise laboratorial que é cara e inviável para se fazer durante todo o ano.

2º transformações e matriz de correlação – após a adequação das séries foi realizada uma matriz de correlação para cada variável limnológica com as variáveis meteorológicas. Afim de buscar melhores correlações, foram realizadas diversas transformações das séries como transformações logarítmicas, de raiz quadrado e quadráticas e para cada transformação foi realizado uma matriz de correlação em busca daquela que apresenta melhores correlações, para isso utilizou-se o software BioEstat 5.0 que fazendo o uso do teste de Pearson, onde os valores das variáveis X e Y são mensurados a nível intervalar ou de razões, para obter o seu coeficiente – r – que pode variar de -1 a $+1$, e quanto mais próximos desses valores, mais forte a associação das variáveis em exame; pode-se calcular, portanto, diversos valores de r com as respectivas probabilidades e, ao mesmo tempo, obter a matriz dos valores da correlação.

A inovação do trabalho é o uso de análises laboratoriais, também obtidas junto ao site da SABESP, que possuem uma periodicidade de aproximadamente 3 vezes por semana. Apesar de ser uma amostragem mediana (em questão da periodicidade), as análises laboratoriais permitem a verificação da concentração de cianobactérias, e dessa forma permitiu a realização de elaborar a correlação de uma concentração muito alta com os tipos de tempo e também com os parâmetros meteorológicos.

De acordo com Lund (1965), as cianobactérias diferem das bactérias heterotróficas pelo fato de conterem clorofila-a. Possuem também um complexo de pigmentos acessórios como as ficobilinas (ficocianina, ficoeritrina e aloficocianina), que lhes conferem a capacidade de absorver mais eficientemente a luz nos mais distintos habitats e determinam sua coloração verde-azulada.

Justifica-se a preocupação em correlacionar os elementos meteorológicos com a concentração de cianobactéria uma vez que já é conhecido que as toxinas de cianobactérias causam problemas à saúde humana, como já foi registrado casos de alterações gastrointestinais após alguns florescimentos. Para complementar, os

reservatórios de Billings e Guarapiranga já possuem o histórico de conterem diversas espécies de cianobactérias e bioensaios de toxicidade recomendados pela OMS, têm demonstrado que aproximadamente 75% das cepas isoladas apresentam-se tóxicas (Azevedo, 1998), e Mur et. al. (1999) reforça os estudos aqui apresentados ao escrever que:

“os ambientes de água doce são os mais propícios para o crescimento de cianobactérias, pois a maioria das espécies se desenvolvem melhor em águas neutro alcalinas (pH 6-9), temperatura em torno de 25°C, alta concentração de nutrientes, principalmente Nitrogênio e Fósforo, e a estabilidade da coluna d’água” (MUR ET. AL., 1999)

Para concluir a análise e a proposta da metodologia “climática-limnológica” procurou-se unificar elementos das 3 escolas aqui mencionadas, onde o produto final é uma gráfico de análise rítmica (escola monteriana) completado com as variáveis limnológicas de maiores correlações com os elementos meteorológicos (escola do INPE) realizando assim a análise limnológica dos parâmetros meteorológicos (escola de São Carlos) e climáticos.

2.3 RESULTADOS

Neste ponto serão apresentados os resultados obtidos com a metodologia acima descrita, os resultados foram organizados de acordo com cada etapa aqui estabelecida.

2.3.1 Resultados da Análise Rítmica

O gráfico da análise rítmica foi realizado contendo uma classificação dos tipos de tempo a cada período (manhã, tarde e noite), para uma caracterização mais detalhada da dinâmica atmosférica.

Devido a sua extensão, o gráfico de análise rítmica não será postado neste ponto ficando assim no apêndice ao final do trabalho como o gráfico de análise final, que irá reunir outras informações, como bem descrita na metodologia.

2.3.2 Resultados das correlações entre as variáveis limnológicas e meteorológicas

Os resultados aqui apresentados mostram de maneira estatística a semelhança entre as duas séries de dados de maneira temporal diária, fato este que interferiu no valor de correlação das mesmas.

Para o oxigênio dissolvido superficial foi realizada a matriz de correlação apresentada no quadro 1.

Quadro 1 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial

	OD - sup.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0870	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.0881	0.0143	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.0809	-0.0837	0.9220	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.1124	0.1710	0.6567	0.5673	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	0.2220	-0.2251	0.5675	0.5985	-0.0825	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.1407	-0.2006	-0.5411	-0.4542	-0.6574	0.0083	1.0000	---
Pressão 00:00	0.1822	-0.1800	-0.5191	-0.4520	-0.6159	0.0013	0.9042	1.0000

O resultado desta matriz de correlação mostrou a maior interação entre a variável estudada (oxigênio dissolvido) e a duração do brilho solar, com uma correlação de 22,20%. Porém os resultados ainda não foram satisfatórios necessitando assim de uma transformação para tentar melhorar essas correlações. A primeira transformação foi a logarítmica e foi obtido a seguinte matriz, apresentada no quadro 2.

Quadro 2 – Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial –
Transformação Logarítmica

	OD - sup.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0603	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.0176	-0.0536	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.0071	-0.1447	0.9312	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.1416	0.2746	0.6157	0.5446	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	0.1038	-0.4326	0.6120	0.6142	-0.0482	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.1581	-0.3397	-0.5425	-0.4601	-0.6091	-0.0419	1.0000	---
Pressão 00:00	0.1901	-0.2924	-0.5228	-0.4615	-0.5685	-0.0419	0.9042	1.0000

Com essa transformação a correlação entre o Oxigênio Dissolvido e o Brilho Solar não foi a mesma obtida com os dados puros, ficando como maior interação dos dados a variável estudada e a pressão atmosférica às 00:00 com 19,01% de similaridade. Como os resultados foram piores buscou-se outra transformação, a de raiz quadrada, e sua matriz de correlação é apresentada no quadro 3.

Quadro 3 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial –
Transformação Raiz Quadrada

	OD - sup.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0782	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.0273	-0.0230	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.0301	-0.1207	0.9273	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.1335	0.2415	0.6410	0.5603	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	0.1576	-0.3607	0.5987	0.6124	-0.0568	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.1541	-0.2943	-0.5426	-0.4579	-0.6377	-0.0208	1.0000	---
Pressão 00:00	0.1905	-0.2584	-0.5219	-0.4575	-0.5964	-0.0239	0.9042	1.0000

Com essa transformação, a melhor correlação ainda continuou sendo a pressão atmosférica as 00:00 com 19,05% de correlação. Porém mostrou um aumento com a correlação do brilho solar quando comparada com os resultados da transformação logarítmica. Tentou-se a transformação quadrática para melhorar essa série estatística, a matriz de correlação com essa última transformação é apresentada no quadro 4.

Quadro 4 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido Superficial –
Transformação Quadrática

	OD - sup.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0717	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.1833	0.0434	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.1604	-0.0494	0.9088	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.0506	0.0671	0.6670	0.5627	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	0.2857	-0.0665	0.5027	0.5612	-0.1207	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.0984	-0.0615	-0.5335	-0.4429	-0.6769	0.0417	1.0000	---
Pressão 00:00	0.1476	-0.0548	-0.5089	-0.4366	-0.6364	0.0311	0.9041	1.0000

A transformação quadrática mostrou ter uma correlação parecida com a dos dados puros, mantendo o Brilho Solar como principal variável de similaridade, com 28,57% de semelhança. Infelizmente nenhuma das correlações com o Oxigênio Dissolvido Superficial foi superior a 0,3 não partindo assim para as próximas análises estatísticas.

A próxima variável analisada foi o Oxigênio Dissolvido em Profundidade, onde a matriz de correlação foi a mostrada no quadro 5.

Quadro 5 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido em Profundidade

	OD - fun.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - fundo	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0471	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.4104	0.0206	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.3414	-0.0721	0.9208	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.4590	0.1811	0.6383	0.5479	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	-0.0602	-0.2243	0.5724	0.6051	-0.1025	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.2696	-0.1995	-0.5250	-0.4365	-0.6587	0.0287	1.0000	---
Pressão 00:00	0.2375	-0.1804	-0.4942	-0.4301	-0.6120	0.0261	0.9078	1.0000

Mostra-se com a correlação dos dados puros (sem sofrer nenhuma transformação) que as correlações positivas foram dadas apenas com as duas pressões atmosféricas, onde a maior encontrou-se com a pressão das 12:00 com 26,96% de similaridade nas séries. Porém a correlação negativa apresentou-se maior com a temperatura mínima com uma rejeição da correlação de 45,9%, mostrando assim um comportamento inversamente proporcional. Do mesmo modo como no processo de transformação da série, aplicado para o Oxigênio Dissolvido em Superfície, foram realizadas as transformações para a tentativa de melhoria dos dados. A primeira transformação foi a logarítmica encontrada no quadro 6.

Quadro 6 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido em Profundidade – Transformação Logarítmica

	OD - fun.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - fundo	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0555	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.3809	-0.0301	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.3185	-0.1170	0.9305	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.4096	0.3032	0.5991	0.5276	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	-0.0628	-0.4200	0.6150	0.6171	-0.0674	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.2390	-0.3615	-0.5277	-0.4448	-0.6099	-0.0205	1.0000	---
Pressão 00:00	0.2106	-0.3140	-0.4991	-0.4408	-0.5649	-0.0174	0.9078	1.0000

A transformação mostrou-se menos eficiente que a matriz de correlação dos dados puros, uma vez que sua maior correlação foi de 23,90% com a pressão atmosférica das 12:00 e a negativa de 40,96% com os dados da temperatura mínima. Tentou se assim as outras transformações como podem ser vistos nos quadros 7 e 8 onde foram realizadas as matrizes de correlação para a série transformada em raiz quadrada e quadrática.

Quadro 7 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido em Profundidade –
Transformação em Raiz Quadrada

	OD - fun.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - fundo	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0531	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.3999	-0.0068	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.3326	-0.0992	0.9263	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.4399	0.2635	0.6236	0.5422	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	-0.0629	-0.3541	0.6025	0.6167	-0.0769	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.2543	-0.3063	-0.5272	-0.4414	-0.6388	0.0003	1.0000	---
Pressão 00:00	0.2239	-0.2709	-0.4975	-0.4362	-0.5926	0.0010	0.9078	1.0000

Quadro 8 - Matriz de correlação para Oxigênio Dissolvido em Profundidade –
Transformação Quadrática

	OD - fun.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00
OD - fundo	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0440	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.3773	0.0439	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.3107	-0.0469	0.9073	1.0000	---	---	---	---
Temp. Min	-0.4296	0.0696	0.6459	0.5399	1.0000	---	---	---
Brilho Solar	-0.0451	-0.0672	0.5110	0.5735	-0.1365	1.0000	---	---
Pressão 12:00	0.2712	-0.0548	-0.5163	-0.4233	-0.6780	0.0589	1.0000	---
Pressão 00:00	0.2399	-0.0496	-0.4830	-0.4142	-0.6322	0.0529	0.9077	1.0000

A análise dos resultados das correlações das variáveis meteorológicas com o Oxigênio Dissolvido em Profundidade mostrou-se inversamente proporcional à temperatura mínima, e neste caso os dados puros (sem nenhuma transformação) foi o que melhor indicou este processo com uma diferença de 45,9%.

Apesar de nenhuma das duas variáveis limnológicas aqui apresentadas possuírem uma correlação positiva maior que 30%, foi interessante notar que o oxigênio dissolvido em superfície está mais ligado com a duração do brilho solar, o que pode indicar que apesar das trocas de calor serem importantes para a estratificação térmica, com maior duração do brilho solar a quantidade de oxigênio produzido pela fotossíntese das microalgas existentes na superfície faz com que o aumento de oxigenação seja notado. Já para o oxigênio em profundidade, pode-se notar uma variação inversamente proporcional com a temperatura, mostrando que a temperaturas mais amenas a concentração de oxigênio dissolvido é maior.

A próxima variável estudada é a turbidez da água, também analisada em superfície e em profundidade. As variáveis meteorológicas serão acrescidas do

vento, pois pela literatura é um dos principais componentes para a alteração da coluna da água. Dessa forma, pode-se ver no quadro 9 a matriz de correlação da turbidez da água.

Quadro 9 - Matriz de correlação para Turbidez Superficial

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0100	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.2323	0.0209	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.1845	-0.0738	0.9238	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.1621	0.1723	0.6598	0.5729	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.1458	-0.2183	0.5744	0.6037	-0.0712	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.0546	-0.2021	-0.5448	-0.4602	-0.6589	-0.0013	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.0745	-0.1823	-0.5207	-0.4552	-0.6192	-0.0048	0.9050	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0323	0.0224	0.2459	0.2387	0.1278	0.2337	-0.1951	-0.1993	1.0000

Os dados puros da turbidez mostraram-se bastante mais relacionados com a temperatura e brilho solar, e contrariando os principais trabalhos não dependendo muito da intensidade do vento pontual das 09:00 GMT. Dessa forma a sua maior correlação foi encontrada com a temperatura máxima com 23,23% de correlação entre as duas séries. Do mesmo modo como feito para o oxigênio dissolvido foram realizadas transformações e as matrizes para cada transformação. Assim, nos quadros 10, 11 e 12 são apresentadas as matrizes de correlação para as transformações logarítmicas, raiz quadrada e quadráticas respectivamente.

Quadro 10 - Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação Logarítmica

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0073	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.2461	-0.0369	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.2017	-0.1226	0.9329	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.2383	0.2784	0.6173	0.5487	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.1188	-0.4161	0.6186	0.6195	-0.0386	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.1715	-0.3413	-0.5459	-0.4659	-0.6108	-0.0514	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.1492	-0.2967	-0.5237	-0.4642	-0.5716	-0.0486	0.9050	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.1250	-0.0697	0.2558	0.2230	0.0790	0.2788	-0.1437	-0.1497	1.0000

Quadro 11 - Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação em Raiz Quadrada

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0075	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.2578	-0.0104	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.2053	-0.1032	0.9290	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.2213	0.2446	0.6435	0.5653	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.1342	-0.3482	0.6055	0.6178	-0.0460	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.1301	-0.2962	-0.5462	-0.4639	-0.6393	-0.0305	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.1274	-0.2622	-0.5231	-0.4605	-0.5996	-0.0305	0.9050	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0833	-0.0253	0.2559	0.2353	0.1023	0.2650	-0.1686	-0.1740	1.0000

Quadro 12 - Matriz de correlação para Turbidez Superficial – Transformação Quadrática

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0175	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.1561	0.0441	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.1300	-0.0474	0.9109	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.0466	0.0664	0.6707	0.5689	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.1739	-0.0646	0.5087	0.5655	-0.1105	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	0.0452	-0.0613	-0.5374	-0.4490	-0.6781	0.0332	1.0000	---	---
Pressão 00:00	0.0041	-0.0546	-0.5111	-0.4403	-0.6398	0.0266	0.9050	1.0000	---
Vento - 09:00	0.0122	0.0608	0.2110	0.2244	0.1781	0.1584	-0.2394	-0.2395	1.0000

Ao analisar as 3 transformações e suas respectivas matrizes de correlação podemos observar que a melhor correlação foi obtida com uma transformação em raiz quadrada onde a porcentagem de correlacionamento foi de 25,78% com a temperatura máxima. Fica interessante destacar que com a transformação quadrática passaram a ser correlações positivas as variáveis de pressão atmosférica e intensidade do vento, apesar de ainda possuírem um valor muito abaixo do esperado.

Mostra-se também que diferentemente de outros trabalhos de hidro-meteorologia e limno-meteorologia a intensidade do vento não se apresenta como principal agente transformador e volta ao que destacou Alcantara et. al (2010) que

critica a falta de estudos sobre as trocas de calor e a estratificação térmica em um reservatório.

Para realizar uma comparação com turbidez em superfície foi também analisada a turbidez em profundidade, que pelos dados puros, obteve a matriz de correlação mostrada no quadro 13.

Quadro 13 - Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0332	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.0685	0.0111	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.0630	-0.0794	0.9217	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	-0.0052	0.1686	0.6459	0.5563	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	-0.0718	-0.2282	0.5708	0.6009	-0.0935	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	0.0507	-0.1930	-0.5294	-0.4402	-0.6559	0.0202	1.0000	---	---
Pressão 00:00	0.0401	-0.1715	-0.5047	-0.4376	-0.6131	0.0154	0.9058	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0570	0.0209	0.2268	0.2150	0.1152	0.2130	-0.1914	-0.1914	1.0000

Os dados puros da turbidez em profundidade mostraram-se pouco eficientes para a correlação com os dados meteorológicos, uma vez que a maioria das correlações foram negativas que teve como máxima a correlação inversamente proporcional com a duração do brilho solar, e a maior correlação diretamente proporcional de 05,07% com a pressão das 12:00. Assim como realizado para a turbidez superficial, foram realizadas as transformações das séries com o intuito de melhorar a correlação das mesmas, dessa forma são mostrados nos quadros 14, 15 e 16 as matrizes de correlação para esta variável após as transformações logarítmica, em raiz quadrada e quadrática respectivamente.

Quadro 14 - Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação Logarítmica

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0234	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.0300	-0.0418	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.0466	-0.1258	0.9314	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	-0.0089	0.2854	0.6062	0.5358	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	-0.0389	-0.4271	0.6148	0.6155	-0.0568	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.0374	-0.3488	-0.5325	-0.4491	-0.6088	-0.0333	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.0292	-0.2968	-0.5099	-0.4490	-0.5670	-0.0309	0.9058	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0749	-0.0606	0.2395	0.2045	0.0707	0.2550	-0.1417	-0.1449	1.0000

Quadro 15 - Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação em Raiz Quadrada

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0343	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.0453	-0.0187	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.0548	-0.1085	0.9272	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.0085	0.2473	0.6309	0.5505	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	-0.0605	-0.3614	0.6017	0.6141	-0.0667	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.0060	-0.2959	-0.5318	-0.4454	-0.6368	-0.0109	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.0045	-0.2568	-0.5082	-0.4441	-0.5942	-0.0116	0.9058	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0722	-0.0214	0.2374	0.2137	0.0916	0.2418	-0.1657	-0.1675	1.0000

Quadro 16 - Matriz de correlação para Turbidez em Profundidade – Transformação Quadrática

	Turb.Sup	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Turbidez Sup.	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0193	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	-0.0881	0.0391	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	-0.0681	-0.0493	0.9081	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	-0.0518	0.0620	0.6544	0.5489	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	-0.0585	-0.0662	0.5079	0.5672	-0.1309	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	0.1131	-0.0527	-0.5201	-0.4259	-0.6737	0.0563	1.0000	---	---
Pressão 00:00	0.0894	-0.0465	-0.4930	-0.4206	-0.6323	0.0469	0.9057	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0177	0.0587	0.1951	0.2012	0.1646	0.1456	-0.2351	-0.2306	1.0000

Os resultados da correlação da turbidez em profundidade com as variáveis meteorológicas não foram muito eficientes uma vez que sua maior correlação se deu com uma transformação quadrática com a pressão atmosférica das 12:00 (GMT), com 11,31% de correlação entre as séries.

Apesar dos baixos valores de correlação aqui apresentados podemos ver que a variação da turbidez em superfície esta muito mais correlacionada com as variáveis meteorológicas que a turbidez em profundidade, que possui uma baixa correlação com a pressão e de forma indiretamente proporcional com a duração do brilho solar, mostrando que em dias de muitas nuvens e provavelmente tempo instável a turbidez em profundidade é maior.

Buscou-se também correlacionar o crescimento de cianobactérias (dado laboratoriais da SABESP) com as variáveis meteorológicas, onde também foi realizada uma matriz de correlação, que pode ser vista no quadro 17 com os dados puros das séries analisadas.

Quadro 17 - Matriz de correlação para Cianobactérias

	Cianobac.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Cianobacteria	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	0.0182	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.2179	-0.0447	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.1417	-0.1661	0.8928	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.1255	0.2007	0.6002	0.5010	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.0545	-0.3594	0.5284	0.5605	-0.1772	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.1708	-0.2199	-0.5199	-0.3815	-0.5860	-0.0160	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.1379	-0.1656	-0.5079	-0.3878	-0.6190	0.0047	0.8952	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0498	0.0216	0.1521	0.2069	0.0411	0.2082	-0.0645	-0.0727	1.0000

O crescimento de cianobactéria pode ser correlacionado com a temperatura máxima, onde obteve 21,79% de correlação. Este fato é compreendido devido ao calor necessário para o desenvolvimento das cianofíceas em geral, onde temperaturas elevadas aumentam as condições necessárias para a sua proliferação. Com o intuito de melhorar essas correlações, também foram aplicadas transformações logarítmica, de raiz quadrada e quadrática e realizadas suas respectivas matrizes de correlação que podem ser vistas nos quadros 18, 19 e 20 respectivamente.

Quadro 18 - Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação Logarítmica

	Cianobac.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Cianobacteria	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	0.0430	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.0602	-0.0882	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.0052	-0.2206	0.9114	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	-0.0549	0.2634	0.5843	0.5103	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	-0.0053	-0.4897	0.6070	0.5955	-0.0855	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.0890	-0.2668	-0.5191	-0.3940	-0.5555	-0.0898	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.0645	-0.2267	-0.5052	-0.3965	-0.5849	-0.0585	0.8952	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.1327	-0.0905	0.1641	0.1966	-0.0300	0.3224	-0.0060	-0.0108	1.0000

Quadro 19 - Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação em Raiz Quadrada

	Cianobac.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Cianobacteria	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	0.0507	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.1527	-0.0678	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.0807	-0.2001	0.9026	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.0456	0.2412	0.5963	0.5092	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.0293	-0.4411	0.5784	0.5838	-0.1211	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.1399	-0.2487	-0.5204	-0.3884	-0.5740	-0.0594	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.1128	-0.2015	-0.5075	-0.3930	-0.6052	-0.0323	0.8952	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0924	-0.0287	0.1612	0.2066	0.0048	0.2772	-0.0371	-0.0441	1.0000

Quadro 20 - Matriz de correlação para Cianobactérias – Transformação Quadrática

	Cianobac.	Prec.	T. Max	T. 15:00	T. Min	B. Solar	P. 12:00	P. 00:00	Vento
Cianobacteria	1.0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Precipitação	-0.0384	1.0000	---	---	---	---	---	---	---
Temp. Max	0.2587	-0.0297	1.0000	---	---	---	---	---	---
Temp. 15:00	0.1900	-0.1237	0.8718	1.0000	---	---	---	---	---
Temp. Min	0.1818	0.1488	0.5912	0.4717	1.0000	---	---	---	---
Brilho Solar	0.0660	-0.2482	0.4408	0.5189	-0.2506	1.0000	---	---	---
Pressão 12:00	-0.1749	-0.1862	-0.5138	-0.3645	-0.5958	0.0374	1.0000	---	---
Pressão 00:00	-0.1317	-0.1253	-0.5035	-0.3733	-0.6320	0.0493	0.8953	1.0000	---
Vento - 09:00	-0.0038	0.0668	0.1273	0.1933	0.1084	0.0797	-0.1092	-0.1190	1.0000

A maior correlação entre as cianobactérias e as variáveis meteorológicas foi encontrada após uma transformação quadrática onde a temperatura máxima obteve 25,87% de correlação com o crescimento de cianobactérias.

Ao avaliarmos esta parte estatística, podemos observar que a temperatura do ar é o principal fator de influência tanto para o crescimento das cianobactérias como para o oxigênio dissolvido e turbidez.

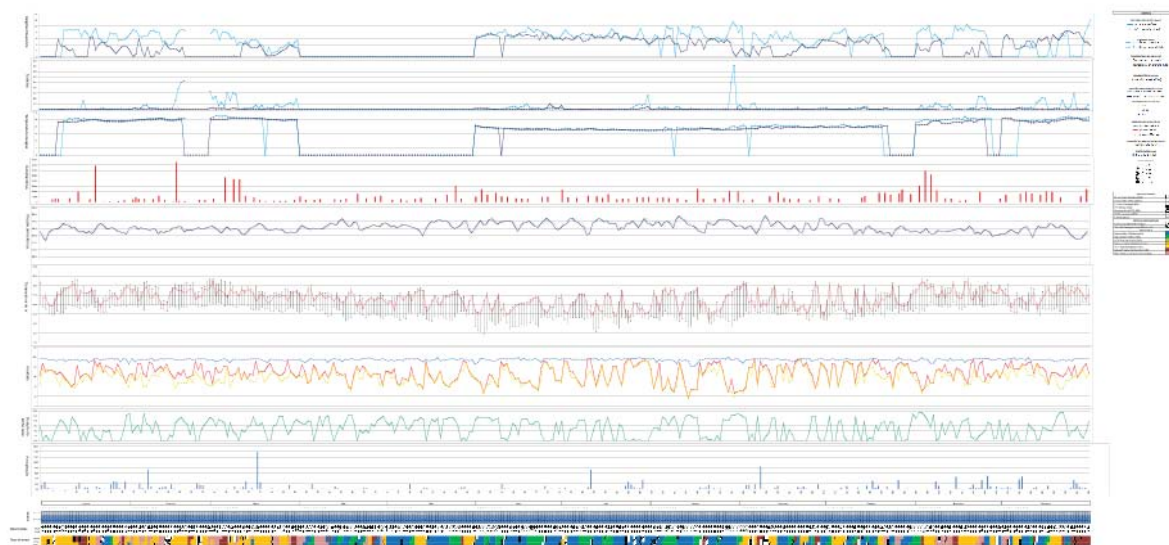
2.3.3 Resultados da análise rítmica e integrada

A análise rítmica e integrada pode ser vista na figura 2, com pouco detalhamento e em uma escala não própria para a leitura e interpretação da mesma, porém está presente como imagem apenas com o intuito de ilustrar o resultado final do trabalho. É possível analisar com todos os detalhes este gráfico no apêndice A deste trabalho.

Com a análise gráfica podemos determinar 9 grandes florações de cianobactérias nos reservatórios do Alto Tietê, e da mesma forma que o

demonstrado no procedimento estatístico, essas grandes florações se correlacionam com uma elevada temperatura do ar, porém o que não pode ser determinado apenas pela estatística é que essas florações ocorreram após um processo de queda de temperatura. Em uma análise do gráfico, pode-se perceber que a distribuição temporal dessas grandes florações ocorrem nos meses de primavera e verão, deixando o inverno com florações mais limitadas talvez pela grande quantidade de Frentes Polar Atlântica e a predominância da massa Polar Atlântica.

Figura 02 – Gráfico de Análise Rítmica e Integrada

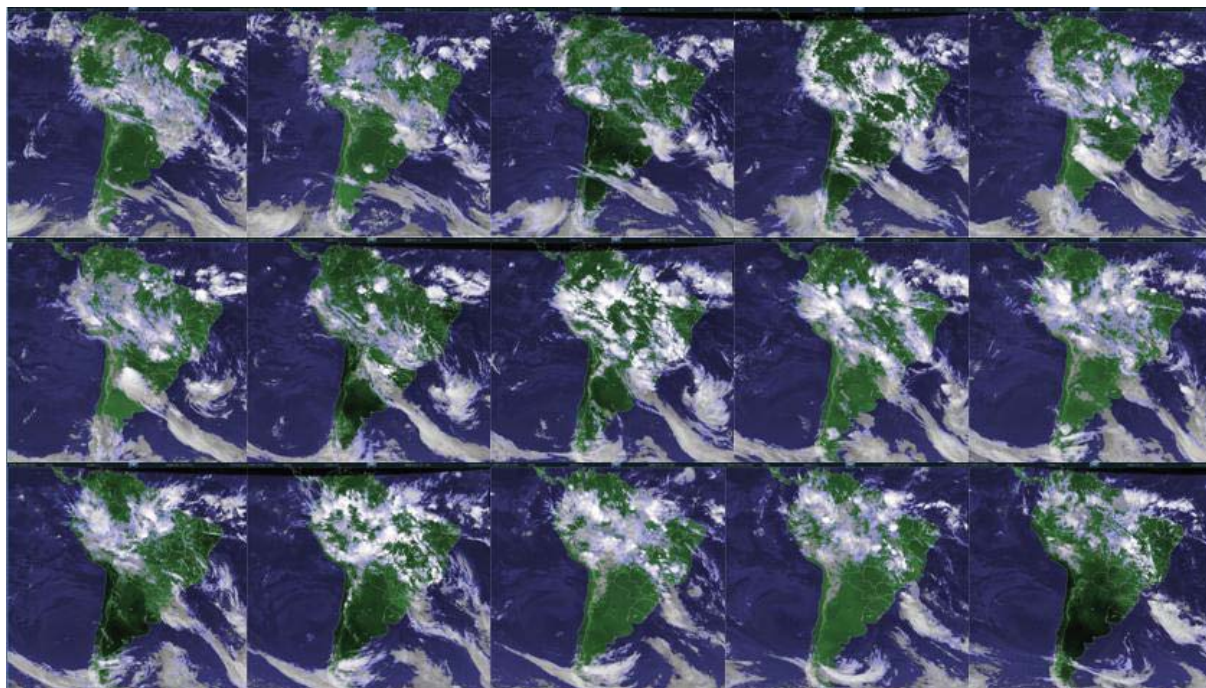


Organizado por Ogashawara, I (2011)

No dia 20 de Janeiro de 2009, por exemplo, a concentração de cianobactérias foi de 34324,5 cel/mL, essa alta concentração pode ser atribuída a uma instabilidade em massa Tropical Atlântica ocorrida entre os dias 16 e 17 de Janeiro de 2009, que ocorrendo sobre a área de estudo foi responsável por uma queda de temperatura nesse período (mínima de 18°C) e a umidade relativa do ar ficou entre 95 a 66 % - pode ser observado esse processo com o uso das imagens de satélite GOES 10, disponibilizadas pelo CPTEC em seu website, e no mosaico de imagens apresentadas na figura 3, assim como nas cartas sinóticas da Marinha, que são apresentadas na figura 4. Também nesse período de instabilidade foi notada uma alta na concentração de oxigênio dissolvido superficial, assim como um aumento na turbidez superficial, o que nos leva a crer que a estabilidade do reservatório foi quebrada, iniciando uma pequena estratificação nas camadas superiores da coluna d'água. Essa instabilidade superficial provavelmente destruiu a floração de cianobactéria existente na superfície que voltou a aparecer com a estabilização do

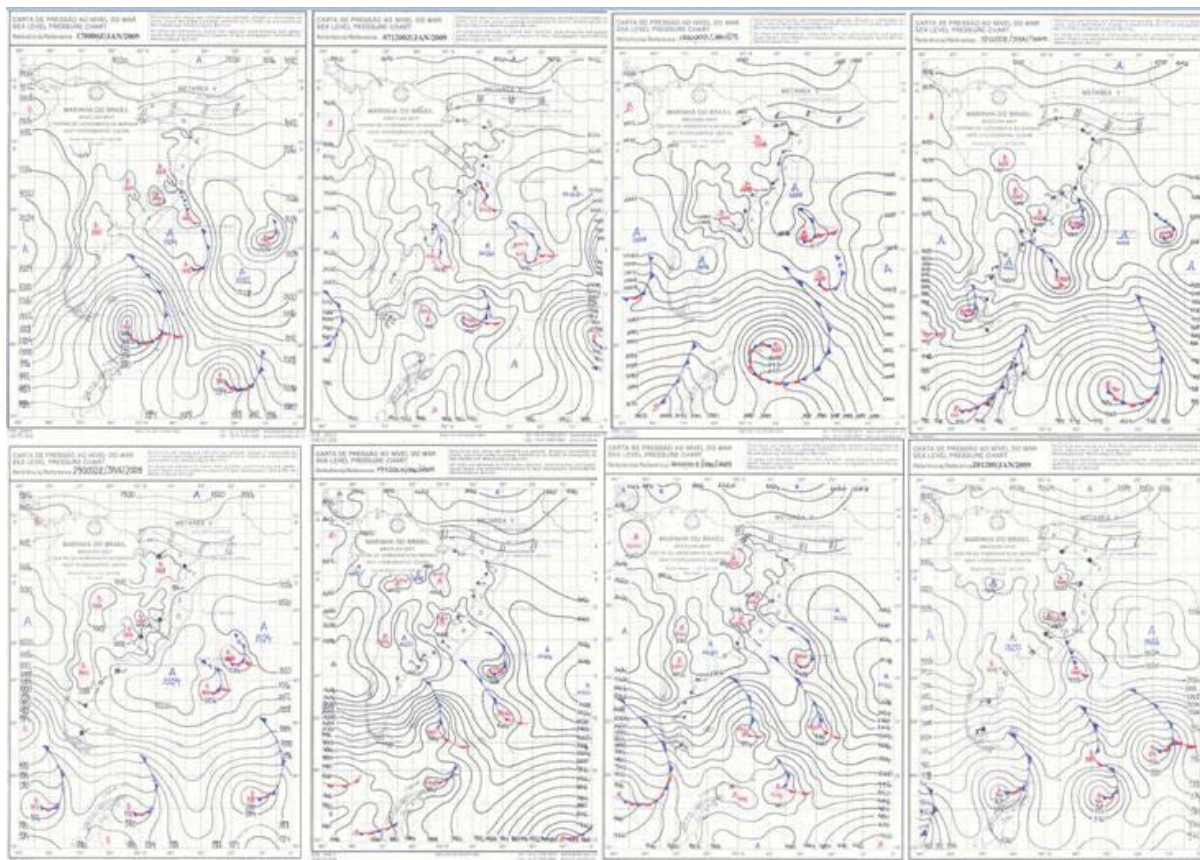
ambiente que pode ser notado com o aumento da temperatura do ar e a estabilização da turbidez e temperatura da água por volta do dia 20, propiciando assim condições favoráveis para o florescimento das cianobactérias. O processo inverso pode ser notado no dia 22 de Janeiro de 2009, onde a entrada de uma Frente Polar Atlântica proporciona uma queda de temperatura ainda maior, com a mínima atingindo a 16,1°C, e um leve aumento na turbidez superficial assim como na concentração de oxigênio dissolvido em profundidade. Todos esses fatores indicam uma desestabilização da coluna d'água o que provoca a quebra das cianobactérias presentes, em geral, na superfície da água promovendo assim a sua diminuição que pode ser comprovada com a concentração de cianobactéria do dia 23 de Janeiro de 2009 de “apenas” 277,8 cel/mL.

Figura 03 – Mosaico de imagens de satélite do dia 17 a 20 de Janeiro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

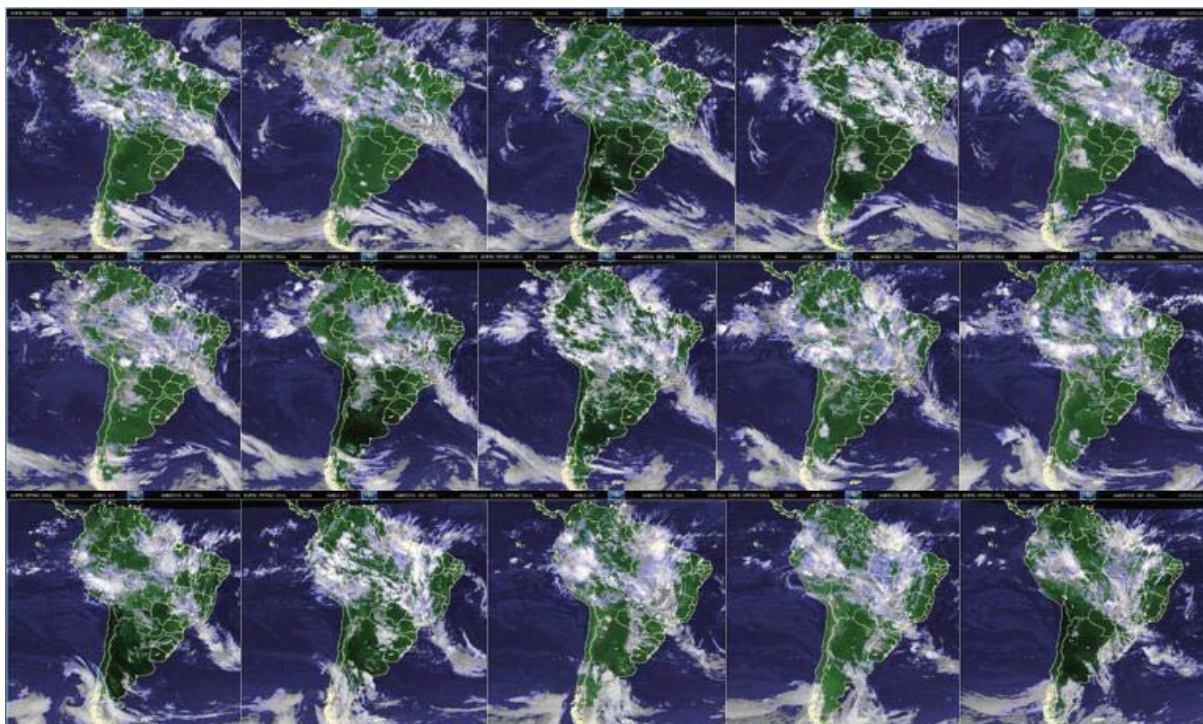
Figura 04 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 17 a 20 de Janeiro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

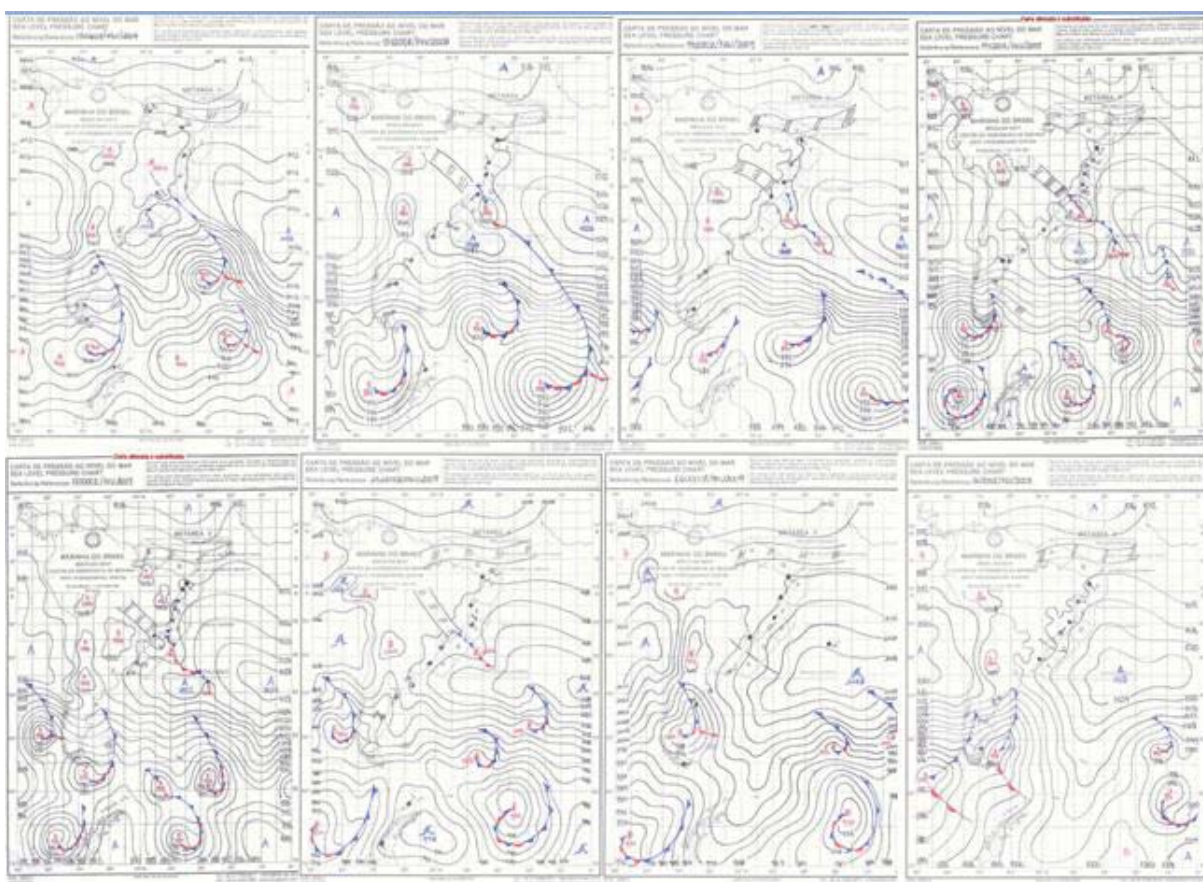
A próxima grande floração de cianobactérias ocorreu no dia 17 de Fevereiro de 2009, com uma concentração equivalente 37761,9 cel/mL. Essa floração ocorreu durante ocorrência de uma massa Tropical Atlântica, porém alguns dias antes (dias 13, 14 e 15 de Fevereiro) houve uma entrada de uma Frente Polar Atlântica, que pode ser notada com as análises das imagens de satélite GOES 10 disponibilizadas pelo CPTEC e das cartas sinóticas da Marinha aqui apresentadas nas figuras 5 e 6. Dessa forma, por conta da entrada dessa frente houve uma queda na temperatura tendo como mínima 16,5°C; uma ausência de brilho solar, e a umidade relativa indo de 72 a 96, da mesma forma como na primeira floração, a entrada da FPA proporcionou uma estratificação na coluna da água, promovendo assim o aumento da concentração de oxigênio dissolvido tanto superficial como em profundidade assim como a turbidez superficial que obteve um aumento, graficamente visível. Mas uma vez foi reparado que o aumento da concentração de cianobactérias ocorreu após uma perturbação na estabilidade do reservatório e durante o aumento da temperatura e sua estabilização.

Figura 05 - Mosaico de imagens de satélite do dia 13 a 16 de Fevereiro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

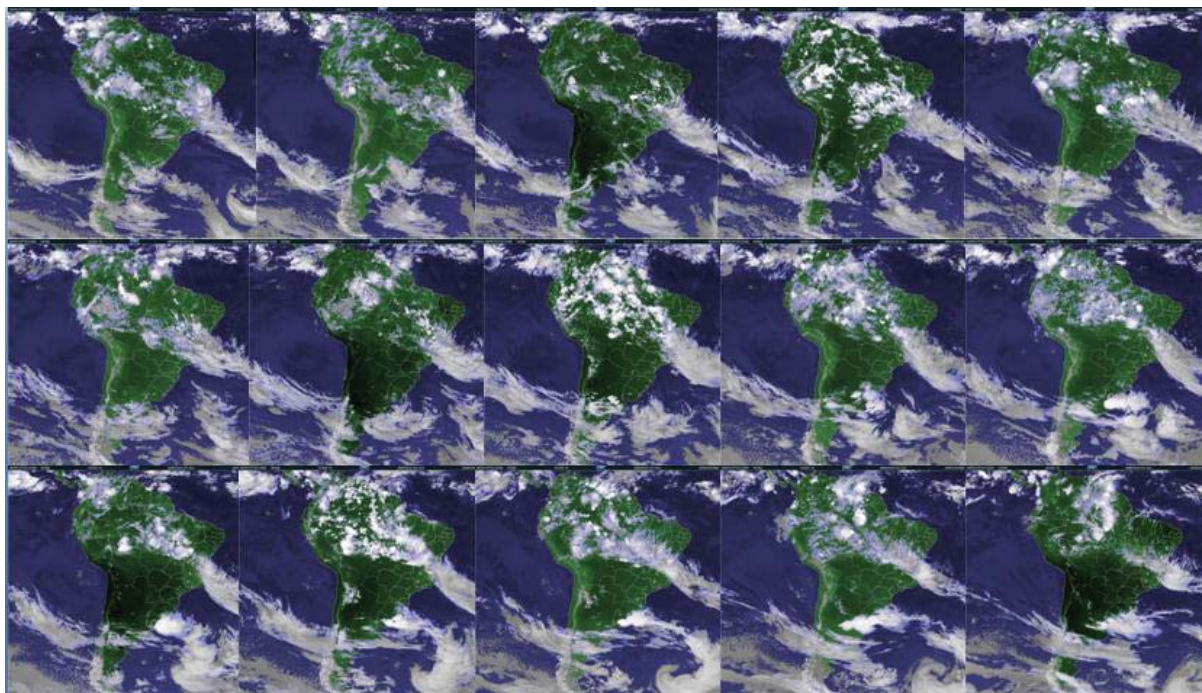
Figura 06 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 13 a 16 de Fevereiro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

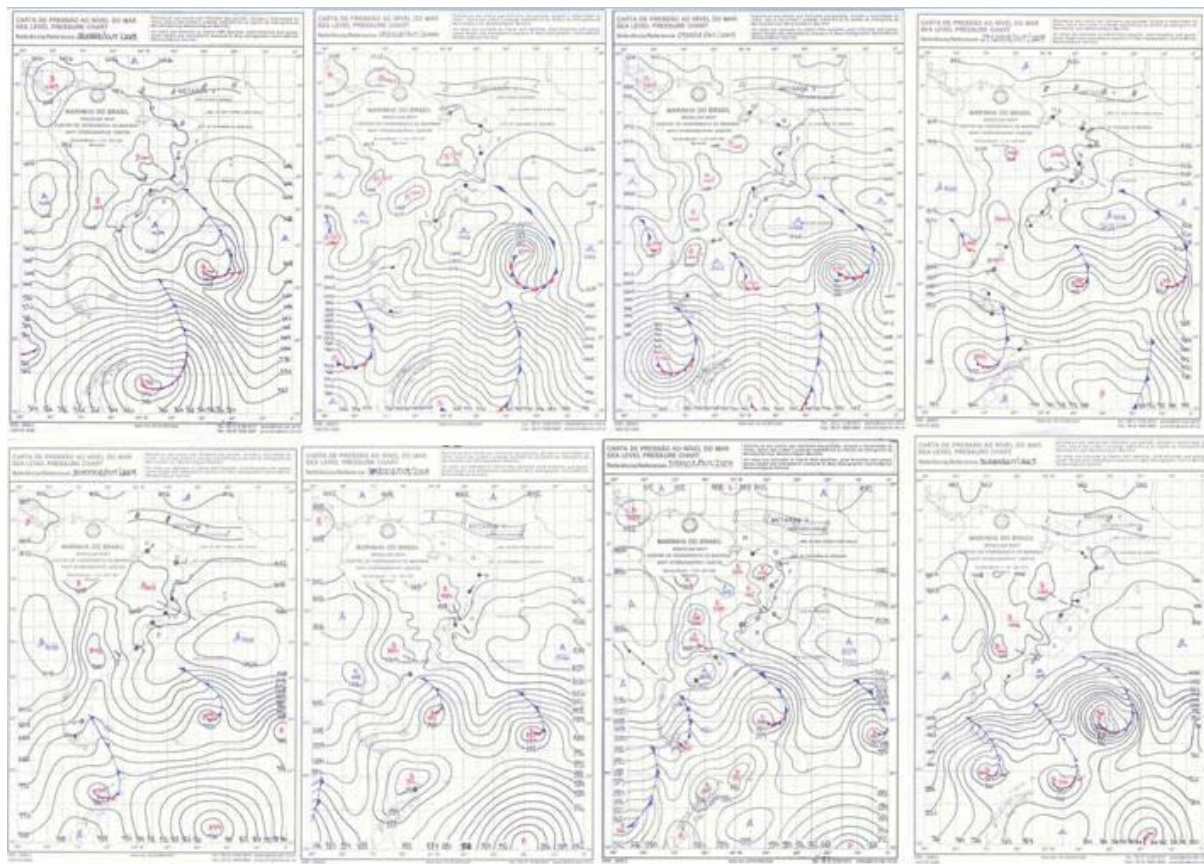
O mesmo processo pode ser observado na terceira maior floração de cianobactérias que ocorreu no dia 4 de Novembro de 2009, com concentração igual a 29853 cel/mL, que foi precedida por uma entrada de massa Polar Atlântica, observada nas figuras 7 e 8 que mostram a sequência de imagens de satélite e cartas sinóticas do período, no dia 28 de Outubro de 2009 que desenvolveu para uma massa Polar Velha na noite do dia 30 de Outubro e perdurou até o dia 2 de Novembro de 2009 proporcionando neste período a estratificação na coluna d'água e no dia 4 de Novembro de 2009 com a estabilização do reservatório foi proporcionado as condições necessárias para a proliferação das cianofíceas ainda mais com o crescimento da temperatura do ar e da água que pode ser notada desde o dia 29 de Outubro.

Figura 07 – Mosaico das imagens de satélite do dia 28 a 31 de Outubro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

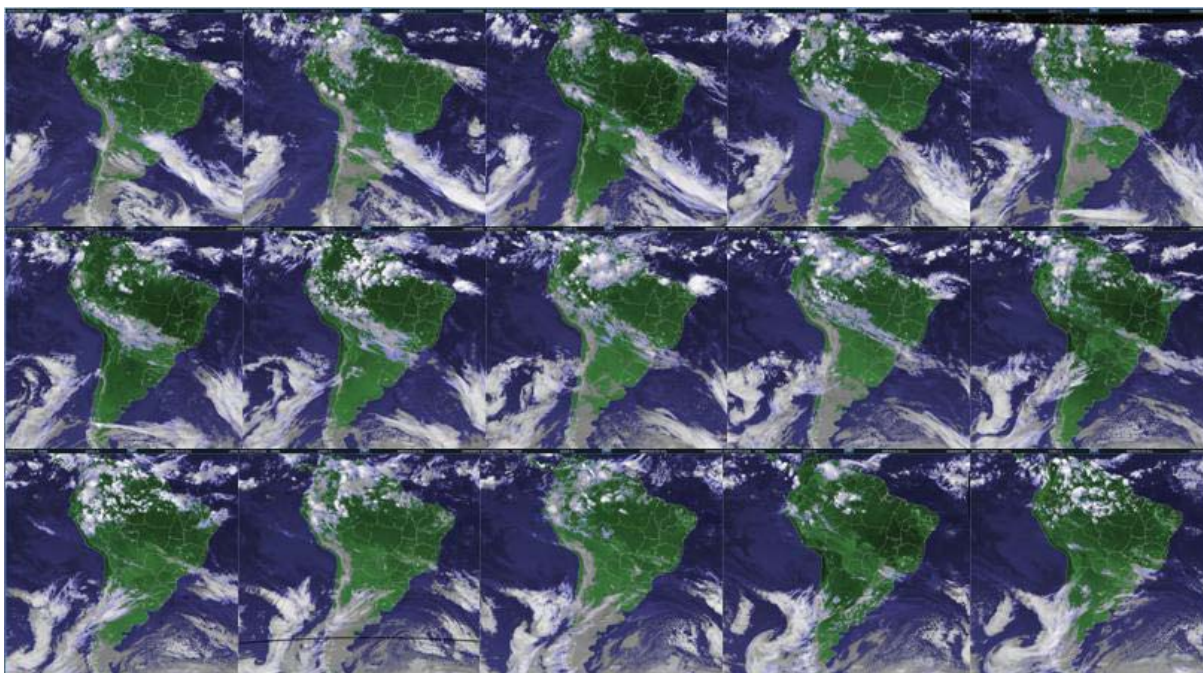
Figura 08 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 28 a 31 de Outubro



Organizado por Ogashawara, I (2011)

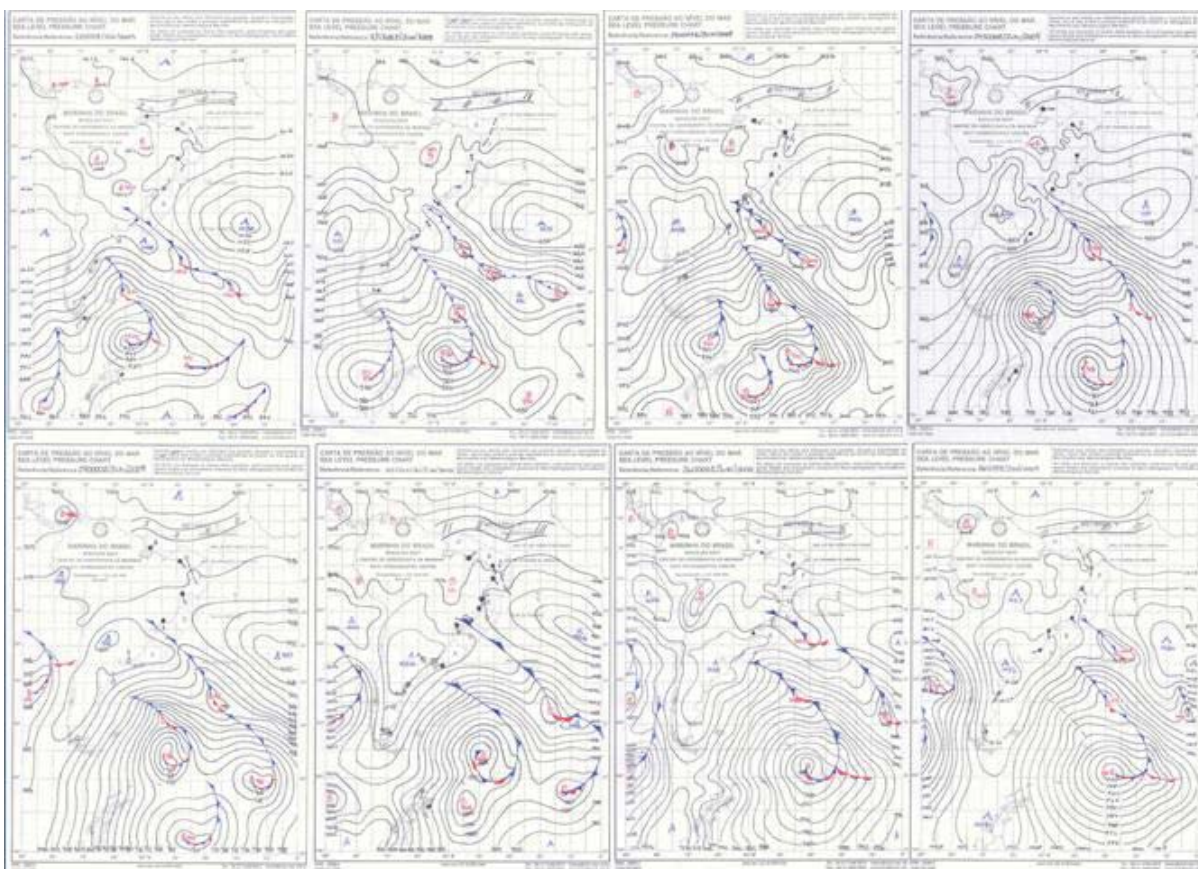
Desta forma, é observado que as maiores florações de cianofíceas foram espacializadas temporalmente durante a primavera e verão, ocorrendo não apenas devido às elevadas temperaturas noticiadas nessas estações do ano, e sim às elevadas temperaturas ocorrentes após uma queda na mesma, associadas com o aumento da intensidade do vento, turbidez e oxigênio dissolvido. Nota-se também que devido ao ritmo de entrada da Frente Polar Atlântica e da permanência da massa Polar Atlântica como sistema atuante na superfície durante maior parte do Outono e Inverno Paulistano, que pode ser observado nas figuras 9 e 10 onde são apresentados mosaicos de imagens de satélite e cartas sinóticas da Marinha, não geraram condições favoráveis para o desenvolvimento das cianobactérias, sendo que a maior floração no período ocorreu no dia 25 de Maio com a concentração de 15491,4 cel/mL e também seguiu o padrão das florações de verão, pois também foi precedida de uma Frente Polar Atlântica e da massa Polar Atlântica que geraram instabilidade no reservatório depois com a massa Polar Velha proporcionou-se um aumento da temperatura e buscou-se a estabilidade até a entrada da outra Frente Polar Atlântica no dia 31 de Maio de 2009.

Figura 09 – Mosaico de imagens de satélite do dia 23 a 26 de Junho



Organizado por Ogashawara, I (2011)

Figura 10 – Mosaico de cartas sinóticas da Marinha do dia 23 a 26 de Junho



Organizado por Ogashawara, I (2011)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia inicial deste trabalho foi construída tendo em vista a possibilidade levantada por De Martonne (1920) de existir um efeito do clima para com a estabilidade de lagos. Dessa forma, após uma revisão da bibliografia nacional que abordasse o efeito proposto pelo francês, surgiram metodologias que abrangiam um viés mais meteorológico e pouco climático. Dessa forma o trabalho se propôs a desenvolver uma nova metodologia para os estudos da qualidade da água utilizando os conceitos da climatologia geográfica, na tentativa de criar aqui uma nova linha de pesquisa, devido a relevância cada vez maior da qualidade dos recursos hídricos em todas as escalas. Em síntese, este trabalho voltou-se para a compreensão da distribuição temporal e espacial das cianobactérias local, e assim a correlacionou com variáveis climáticas em sua sucessão rítmica e atuante sobre os reservatórios.

Um dos maiores problemas encontrados na realização deste trabalho foi na organização dos dados coletados pelo Sistema de Monitoramento Hidrológico da SABESP, pois como foi a primeira utilização deste nos reservatórios Billings e Guarapiranga, o sistema possui dias com falhas, o que dificultou a adequação das séries que foram adequadas de acordo com o princípio do vizinho mais próximo, ou seja, as séries de dados coletados pelo sistema foram adequadas complementando os dados de Billings com os dados de Guarapiranga, com o intuito de criar uma série mais completa e com menos falhas. Este tratamento foi escolhido por não utilizar de valores estatísticos e sim de valores reais, e mostrou-se bastante adequado.

O estudo e a compreensão das metodologias hidro-meteorológicas e limno-meteorológicas foram essenciais para o desenvolvimento da aqui batizada de climato-limnologia. Reforça-se assim a importância da existência das “Escola de São Carlos” e “Escola do INPE” que proporcionaram os conhecimentos necessários para aplicar a análise rítmica da “Escola Monteriana” para ambientes aquáticos.

O trabalho mostra ainda que a análise apenas estatística nos dá uma visão pontual do processo de proliferação das cianobactérias, e somente com uma visão holística e temporal dos dados foi possível encontrar a explicação do processo da interferência climática na estabilidade do reservatório e consequentemente na qualidade de suas águas.

A utilização da metodologia aqui apresentada, na climatologia geográfica, é uma inovação na ciência geográfica assim como em qualquer outra ciência, devendo

assim ser mais explorada e ser aplicada a outras regiões, que possuem ritmos e dinâmicas diferentes, assim como devem ser testados diferentes enfoques (que neste trabalho foi a proliferação de cianobactérias – principal problema ambiental dos reservatórios urbanos da Região Metropolitana de São Paulo) e em diferentes escalas, com o propósito de comprovar sua aplicabilidade.

Os resultados climatológicos, encontrados neste trabalho, associados aos dados limnológicos coletados pela SABESP relacionados com a qualidade da água em reservatórios urbanos, proporcionaram a elaboração de uma metodologia que se utiliza de uma aplicação real da climatologia dinâmica, em um estudo limnológico no espaço geográfico urbano, com possibilidade de dar suporte ao planejamento regional e local, não somente no tocante a qualidade da água, mas também na área da saúde com a prevenção de doenças através da previsão de florescimentos de cianobactérias potencialmente tóxicas em reservatórios de abastecimento e lazer urbano, fato este bastante importante ao avaliar que as maiores florações ocorrem durante os meses de primavera e verão, onde o número de pessoas que se utilizam diretamente do reservatório é maior.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. O sítio urbano de São Paulo. In: AZEVEDO, H. (org.) **A cidade de São Paulo**: estudos de geografia urbana. São Paulo: Nacional, 1958.

ALCANTARA, E.H.; STECH, J.L.; LORENZZETTI, J.A.; NOVO, E.M.L.M.; SOUZA, A.F. Estimativa dos fluxos de calor sensível e latente na superfície da água do reservatório de Itumbiara (GO) por meio de dados MODIS/Terra In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 5185 – 5192. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0144.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2011.

ALCÂNTARA, E. H.; BONNET, M. P.; ASSIREU, A. T.; STECH, J. L.; NOVO, E. M. L. M.; LORENZZETTI, J. A. On the water thermal response to the passage of cold fronts: initial results for Itumbiara reservoir (Brazil). **Hydrology and Earth System Sciences Discussions** (Print), Göttingen, v. 7, p. 9437-9465, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 1ª edição, 2002. Brasília: ANEEL. 2002. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 30 setembro de 2011.

AZEVEDO, S.M.F.O. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Consequências para a Saúde Pública. **Medicina On line**, v. 1, Ano I n. 3. Jul/Ago/Set. Disponível em: <http://www.medonline.com.br/med_ed/med3/microcis.htm>. Acesso em 30 de Setembro de 2011.

CAMPOS, V.N.O. Estruturação e implantação da gestão compartilhada das águas: o comitê da bacia hidrográfica do Alto Tietê. In: JACOBI, P.R. (org.) **Atores e processos na governança da água no estado de São Paulo**. São Paulo: Annablume, 2009. Cap. 1, p.13-33.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade de Águas Superficiais do Estado de São Paulo**, 2003. São Paulo: CETESB. 2003. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/media/files/Agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2003/relatorio_anual_aguas_int_2003.zip>. Acesso em: 02 de Outubro de 2011.

ELY, D.F. **Teoria e Método da Climatologia Geográfica Brasileira**: Uma abordagem sobre seus discursos e práticas. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2006.

FRACALANZA, A.P.; SINISGALLI, P.A.A. Conflitos de uso da água do reservatório Billings. In: JACOBI, P.R. (org.) **Atores e processos na governança da água no estado de São Paulo**. São Paulo: Annablume, 2009. Cap. 3, p.61-86.

GEMELGO, M.C.P., SANT'ANNA, C.L., TUCCI, A. & BARBOSA, H.R. Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju,

a cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil.

Hoehnea n.35, p.297-307, 2008. Disponível em:

<http://www.icb.usp.br/bmm/hrbarbos/arquivos/hoehnea_35_2008.pdf>. Acesso em: 1º de Outubro de 2011.

LUND J.W.G. The Ecology of Freshwater Phytoplankton. **Biological Reviews** 40: 231 -293. 1965.

MARTONNE, E. **Traité de géographie physique** : Climat, Hydrographie, Relief du sol, Biogéographie. Paris: Armand Colin, 1920.

MONTEIRO, C.A.F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: IGEOG/USP, 1969.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG-USP, 1976a. (Série teses e monografias, 25)

MONTEIRO, C.A.F. **O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo: Problemas e Perspectivas**. São Paulo: IGEOG-USP, 1976b.

MORAES, M.A.; CASTRO, W.A.C.; TUNDISI, J.G. Climatologia de Frentes Frias sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua Influência na Limnologia dos Reservatórios de Abastecimento de Água. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.25, n.2, p. 205 - 217, 2010

MUR, L.R.; SKULBERG, O.M.; UTKILEN, H. Cyanobacteria in the environment. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.) **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E&FN Spon, 1999. p. 15 – 37.

PACHECO, A. **Análise das características técnicas e da Legislação para o uso e proteção das Águas Subterrâneas em Meio Urbano** (Município de São Paulo). 1984. Tese (Doutorado em Geociências - Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SKAGGS, R.H. Climatology in American Geography. **Annals of the Association of American Geographers**, Malden, v. 94, n. 3, pp. 446–457, 2004.

TUNDISI, J. G; MATSUMUTA-TUNDISI, T; ARANTES JUNIOR, J. D; TUNDISI, J. E; MANZINI, N. F; DUCROT, R. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reected by physical, chemical, and biological variables. **Brazilian Jornal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 1, p. 177 - 186. 2004

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2009.

ZAVATTINI, J.A. O Paradigma da Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira. **Geografia (Rio Claro)**, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, 2000.

ZAVATTINI, J.A. A razão da influência: uma teoria do clima. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, n. 1, p. 146 – 158, dez. 2005.

APÊNDICE A – Análise Rítmica e Integrada

ANEXO A – Características do Sistema de Monitoramento Hidrológico

O Sistema de Monitoramento Hidrológico utilizado pela SABESP, figura 4, para a aquisição de dados limnológicos automáticos foi desenvolvido pela Clean Environment Brasil, as características apresentadas neste anexo estão disponíveis no site Clean Environment Brasil <<http://www.clean.com.br/site/produtos/hidrologia/sistemas-fixos-boias/smh-clean/>>. Acessado no dia 15 de Outubro de 2011.

Figura 11 – Sistema de Monitoramento Hidrológico



CLEAN ENVIRONMENT BRASIL

Os sistemas da Clean são projetados de acordo com as necessidades e desafios de cada projeto e podem incluir sistemas de telemetria com transmissão de dados em tempo real por GPRS, rádio frequência ou satélite.

As Plataformas de Coleta de Dados podem incluir:

- Sondas Multiparamétricas YSI para Monitoramento da Qualidade da Água
- Dataloggers para armazenamento dos dados
- Amostradores Automáticos ISCO para coleta de amostras da água em função de mudanças na qualidade da água
- Medidores de Vazão ISCO ou Sontek
- Estações meteorológicas profissionais
- Sistema de telemetria para transmissão dos dados
- Servidores locais ou web para armazenamento e visualização dos dados.
- Alertas por email ou SMS (mensagens “torpedos”) em função de alterações nos parâmetros de monitoramento

Os sistemas podem ser montados em duas configurações:

- Bóias para utilização em corpos centrais de lagos, represas ou baías
- Estações fixas para utilização em margens de rios ou lagoas.

Ao contrário dos métodos tradicionais (onde amostras são coletadas em campo e encaminhadas para análises em laboratório, ou mesmo quando as medidas são feitas manualmente com equipamentos portáteis, não permitindo a agilidade essencial na tomada de ações corretivas), o monitoramento em tempo real com os sistemas integrados da Clean Environment Brasil gera substancial aumento na eficiência dos sistemas de segurança das águas, permitindo uma drástica redução dos potenciais danos à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes de eventuais acidentes ambientais, através da informação em tempo real das alterações na qualidade da água.

Os parâmetros analisados:

- **Qualidade da Água:** pH; ORP; Oxigênio Dissolvido, Condutividade, Salinidade, Temperatura, Profundidade, Turbidez, Amônia, Nitrato, Cloreto, Clorofila, Cianobactérias, etc.
- **Meteorológicos:** temperatura, umidade, velocidade e direção do vento, radiação solar, precipitação, pressão atmosférica.
- **Medidores de Vazão:** Medidores de Vazão ADCP ou medidores de nível para uso de curva chave.
- **Amostradores Automáticos Refrigerados** para coleta e preservação das amostras.

ANEXO B – Localização dos Sistemas de Monitoramento Hidrológicos

Figura 12 – Localização dos SMH na Bacia do Alto Tietê



Fonte: SABESP. Gestão de Recursos Hídricos na RMSP – SABESP. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 7, 2010. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2010.