



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA**

Luciano Rebello da Cunha Melo

**VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA
NO INÍCIO DA PRECIPITAÇÃO**

**Natal
2007**

Luciano Rebello da Cunha Melo

**VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA
NO INÍCIO DA PRECIPITAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Onofre de Andrade Neto

Natal
2007

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu força para seguir com a minha caminhada;

Aos meus pais que me deram apoio e suporte para o cumprimento desta jornada;

A minha esposa, pela ajuda, paciência e compreensão;

Ao Prof. Cícero Onofre de Andrade Neto pela orientação e pela oportunidade que tive durante esta pesquisa;

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões;

Aos Professores do Programa de Engenharia Sanitária e Ambiental que de alguma maneira contribuíram para minha formação, nas disciplinas ministradas, na convivência e experiências transmitidas;

Aos funcionários do curso de mestrado, em especial, à Leonor Barbosa pela disposição em sempre ajudar;

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária pela infra-estrutura oferecida;

A Sandro, responsável pelo laboratório, que sempre esteve à disposição para ajudar;

Aos amigos e colegas do curso de Mestrado em Engenharia Sanitária, em especial, Carlos Magno de Souza Barbosa, Fernanda Lima Cavalcante e Thaise Emmanuele Andrade de Sales pela ajuda e pelo companheirismo;

Aos amigos e a todos que, de certa forma, acabaram contribuindo para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUÇÃO	3
II – OBJETIVOS	6
II.1 - Objetivo Geral.....	6
II.2 - Objetivos Específicos	6
III. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
III.1-Qualidade da água	7
III.1.1-Parâmetros Físicos	8
III.1.2-Parâmetros Químicos	10
III.1.3-Parâmetros Microbiológicos	13
III.2 – Histórico do Aproveitamento da Água de Chuva	15
III.3 – Avaliações da Qualidade da Água de Chuva	17
III.4-Tecnologia para Proteção Sanitária de Cisternas	27
III.5- A Precipitação	33
III.5.1- Formação da Precipitação	34
III.5.2- Classificação das Precipitações	34
III.5.2.1- Convectiva:	35
III.5.2.2- Orográfica:	35
III.5.2.3- Frontal ou Ciclônica:	36
III.5.3 Caracterização da Precipitação Pluviométrica da Cidade de Natal ...	36
III.6-Poluição Atmosférica	39
III.6.1 - Classificação dos Poluentes	40
III.6.1.1 - Sólido:	40
III.6.1.2 - Líquido:	40
III.6.1.3 - Gasoso:	41
III.6.2 - Formação do Material Particulado	41
III.6.2.1 - Atrito Físico:	41
III.6.2.2 - Combustão Parcial:	41
III.6.2.3 - Formação de núcleos de partículas a partir de vapores:	41
III.6.2.4 - Suspensão de sólidos junto à evaporação de líquidos:	42
III.6.3-Chuva Ácida	42
III.7- Legislação e Normas Relativas a Qualidade da Água	44
III.7.1 – Portaria N ^o 518 do Ministério da Saúde	44
III.7.2 – Resolução N ^o 357 do CONAMA	46
IV. MATERIAL E MÉTODOS	49
IV.1-Pontos de Coleta	49
IV.2-Amostrador	52
IV.2.1 - Dimensionamento do Amostrador	55
IV.3-Variáveis	55
IV.4-Amostras.....	57
IV.5-Equipamentos	58
IV.5.1 Multifunção Portátil (de campo)	58
IV.5.2 Turbidímetro Portátil (de campo)	59
V. ANÁLISE DOS RESULTADOS	60
V.1 – Cálculos Estatísticos	60

V.1.1 – Valores das Medições e Médias	60
V.1.2 - Avaliação da Variância entre os Pontos de Coleta	62
V.1.3 – Correlação entre as Variáveis	66
V.1.4 – Regressão das Médias dos Valores de cada Variável	68
V.2 – Resultados e Discussões	74
V.2.1 – Análise da variação da qualidade d a água entre os milímetros de chuva e entre os pontos de coleta	74
VI. CONCLUSÕES	82
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Amostras com diferentes valores de Turbidez.	10
FIGURA 2: Curva Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) x Precipitação (mm), expondo o decaimento da condutividade elétrica com o passar da chuva em seu estágio inicial.	19
FIGURA 3: Gráfico dos valores de Condutividade Elétrica, Acidez, Cloretos e Sulfatos para o 1º, 2º, 3º milímetros e o restante da chuva.	23
FIGURA 4: Gráfico dos valores de Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Nitrito para o 1º, 2º, 3º milímetros e o restante da chuva.	24
FIGURA 5: Reservatório de descarte das primeiras águas com bóia.	29
FIGURA 6: Reservatório de descarte das primeiras águas.	29
FIGURA 7: Filtro 3P Rainus, da Technik.	30
FIGURA 8: Filtro VF1, da Technik.	30
FIGURA 9: Sistema de captação e armazenamento com filtro na linha de fluxo.	31
FIGURA 10: Sistema de captação e armazenamento com reservatório de acumulo das primeiras águas e filtro.	32
FIGURA 11: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas das chuv as.	32
FIGURA 12: Gráfico das chuvas mensais das médias entre os anos 1984 a 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.	37
FIGURA 13: Gráfico das chuvas mensais durante o ano de 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.	37
FIGURA 14: Gráfico das precipitações anuais de 1984 a 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.	39
FIGURA 15: Mapa da cidade de Natal com indicação dos pontos de coleta e da direção dos ventos dominantes.	49
FIGURA 16: Prédio da “AAA Imóveis”, ponto de coleta nº 1.	50
FIGURA 17: Prédio da “A Graciosa Floricultura”, ponto de coleta nº 2.	51
FIGURA 18: Prédio do “LARHISA”, ponto de coleta nº 3.	51
FIGURA 19: Vista do Amostrador	52
FIGURA 20: Armazenadores das amostras	54
FIGURA 21: Foto do Multifunção Portátil, das soluções calibradoras para pH (à esquerda) e da solução ácida KCl (à direita).	58
FIGURA 22: Foto do Turbidímetro Portátil, com sua maleta de campo e soluções calibradoras.	59
FIGURA 23: Gráfico da variância entre os pontos de coleta para a Condutivi dade Elétrica.	63
FIGURA 24:Gráfico da variância entre os pontos de coleta para o pH.	64
FIGURA 25:Gráfico da variância entre os pontos de coleta para a Turbidez	65

FIGURA 26: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	68
FIGURA 27: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	68
FIGURA 28: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	69
FIGURA 29: Gráfico das médias gerais da Condutividade Elétrica e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	69
FIGURA 30: Gráfico das médias de pH em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	70
FIGURA 31: Gráfico das médias de pH na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	70
FIGURA 32: Gráfico das médias de pH no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	71
FIGURA 33: Gráfico das médias gerais de pH e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	71
FIGURA 34: Gráfico das médias de Turbidez em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	72
FIGURA 35: Gráfico das médias de Turbidez na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	72
FIGURA 36: Gráfico das médias de Turbidez no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência)	73
FIGURA 37: Gráfico das médias gerais de Turbidez e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).	73
FIGURA 38: Gráfico com os valores de Condutividade Elétrica das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta.	74
FIGURA 39: Gráfico com os valores de pH das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta.	77
FIGURA 40: Gráfico com os valores de Turbidez das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta.	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Tabela que expõem análise de qualidade da água de chuva em três diferentes situações: em região metropolitana; em região altamente Industrial; e em região não industrial.	18
TABELA 2: Parâmetros médios de qualidade da água de chuva na cidade de Natal - RN, com pontos de amostragem no LARHISA -UFRN, onde: P1 é um pluviômetro qualitativo; P2 é a Caixa de passagem; e P3 é a Cisterna.	20
TABELA 3: Resultados das amostras de água de chuva – Parâmetros Físico-químicos e bacteriológicos.	22
TABELA 4: Resultados das amostras de água de chuva – Médias dos Parâmetros Físico-químicos e bacteriológicos.	25
TABELA 5: Resultados médios da qualidade da água da chuva atmosférica em Florianópolis-SC e em Vitória-ES, obtidos no intervalo entre dezembro de 2004 e maio de 2005.	26
TABELA 6: Resultados médios da qualidade da água da chuva, obtidos no sistema Ratoles, Florianópolis-SC.	27
TABELA 7: Valores das precipitações entre os anos de 1984 e 2006, obtidos na Estação Climatológica Principal da UFRN.	38
TABELA 8: Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde	45
TABELA 9: Padrão de aceitação para consumo humano	45
TABELA 10: Padrão de Qualidade da Água – Classe 1 – Água Doce.....	48
TABELA 11: Quadro resumo das medições de Condutividade Elétrica.	61
TABELA 12: Quadro resumo das medições de pH.	61
TABELA 13: Quadro resumo das medições de Turbidez.	62
TABELA 14: Quadro das médias de Condutividade Elétrica.	63
TABELA 15: Quadro das médias de pH.	64
TABELA 16: Quadro das médias de Turbidez.	65
TABELA 17: Matriz de Correlação entre as variáveis em Ponta Negra.	66
TABELA 18: Matriz de Correlação entre as variáveis no Campus Universitário da UFRN.	66
TABELA 19: Matriz de Correlação entre as variáveis na Cidade Alta.	66
TABELA 20: Quadro das médias de Condutividade Elétrica na chuva atmosférica em diversos trabalhos.	76
TABELA 21: Quadro das médias de pH na chuva atmosférica em diversos trabalhos.	78
TABELA 22: Quadro das médias de Turbidez na chuva atmosférica em diversos trabalhos.	81

RESUMO

Uma das preocupações mais evidentes e atuais, não só no meio científico, mas também de conhecimento do público em geral, é o problema da falta de água potável, que vêm aumentando cada vez mais, devido principalmente à poluição dos mananciais, ao mau uso da água e ao aumento da população. Desta forma, a necessidade de se procurar novas fontes de água e de aperfeiçoar as técnicas de utilização de fontes pouco exploradas se torna cada vez mais importante e urgente. A água de chuva já é utilizada há muito tempo como fonte de abastecimento, porém, devido ao pouco conhecimento de suas características, ao preconceito e discriminação gerados em torno do seu consumo e ao mau uso da técnica de coleta e armazenamento, ela vem sendo subutilizada, desperdiçando-se assim uma parcela significativa deste manancial. Buscando desenvolver o conhecimento de algumas características da água pluvial, o presente trabalho procura definir a curva de variação da qualidade da água da chuva em três pontos com características distintas da cidade de Natal-RN, ao longo da precipitação, em várias situações de tempo e de espaço. Para que se possa descrever a curva de variação da qualidade da água, algumas variáveis devem ser analisadas, de forma a identificar como elas se modificam no decorrer da chuva, mostrando em qual momento a purificação da água é mais e menos acelerada. O pH, a Turbidez e a Condutividade Elétrica podem ser relacionados com grande parte das variáveis físico-químicas encontradas na água e, como suas análises não são consumptíveis, tem fácil acesso e medição. O presente trabalho analisa as curvas de decaimento destas três variáveis, em três pontos com características distintas na cidade de Natal – RN, sendo estes pontos: um próximo ao mar, outro em região com grande concentração imobiliária e o último ponto em área menos poluída. Para a região estudada, foi durante os primeiros 5,0 milímetros de chuva que ocorreu a grande redução percentual das impurezas existentes na atmosfera, principalmente entre o 1º e o 2º milímetro, e após os primeiros 5,0 milímetros os valores das variáveis se estabilizam. Com exceção do Campus Universitário, onde inicialmente a água de chuva já apresenta qualidade muito boa, os valores de Turbidez e Condutividade Elétrica sofrem redução brusca após o 1º milímetro de chuva.

PALAVRAS-CHAVE: Água de Chuva, Qualidade da Água, Variação da Qualidade.

ABSTRACT

One of the most evident and actual concern, not only in the scientific means, but also of the public knowledge in general, is the lack problem of the potable water, that come increasing more each time, motivated mainly for the pollution of the sources, the bad use of the water and the increase of the population. In such a way, the necessity of looking for new water sources and the development of techniques to use sources minus explored is becoming even more important and urgent. The rainwater comes being used since a long time like a supplying source, but, due the few knowledge of its characteristics, the generated preconception and the discrimination around its consumption and to the bad use of the technique of collection and storage, it comes being little used, wasting consequently a significant parcel of this source. Trying to develop the knowing of some characteristics of the rainwater, the present work looks for to define the curve of variation of the quality of the rainwater in three points with distinct characteristics of the city of Natal -RN, in the course of the precipitation, in some situations of time and space. For describe the curve of variation of the water's quality, some variables must be analyzed, and to be identified when they modify themselves in the endurance of rain, showing in which moment the purification of the water is more or less quickly. The pH, the Turbidity and the Electric Conductivity can be related with a big part of the physicist -chemistries variables found in the water and, like its analyses don't spend any material, they have easy access and measurement. The present work analyzes the curves of decline of these three variables, in three points with distinct characteristics in the city of Natal -RN, being these points: one next to the sea, another one in region with great buildings concentration and the last point in a less polluted area. For the studied region, it was during the five first millimeters of rain that occurs the biggest reduction of the existing impurities in the atmosphere, mainly between the first and the second millimeter, and after the five first millimeters the values of the variables stabilize. With exception of the University Campus, where initially the rainwater already has very good quality, the values of Turbidity and Electric Conductivity suffer a brusque reduction after the first millimeter of rain.

KEY WORDS: Rainwater, Quality of the Water, Variation of the Quality.

I. INTRODUÇÃO

Os problemas com a falta de água, especialmente de água potável, já são bem antigos e vêm aumentando a cada dia devido principalmente à poluição dos mananciais, ao mau uso da água e ao aumento da população. Desta forma, a necessidade de se procurar novas fontes de água se torna cada vez mais evidente e importante.

A água de chuva já é utilizada há muito tempo como fonte de abastecimento, porém, devido ao pouco conhecimento de suas características, ao preconceito e discriminação gerados em torno do seu consumo e ao mau uso da técnica de coleta e armazenamento, ela vem sendo subutilizada, desperdiçando-se assim uma parcela significativa deste manancial.

A água proveniente da chuva é normalmente de excelente qualidade, podendo ser utilizada de várias formas, inclusive para beber. Porém em locais com forte poluição atmosférica, com grande quantidade de indústrias ou densamente povoados, as primeiras águas da chuva podem ser inapropriadas para o consumo.

Normalmente a contaminação da atmosfera não atinge concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas e, mesmo em locais fortemente poluídos, a água de chuva quase sempre tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade, etc) para vários usos: irrigação, refrigeração, caldeiras, diluição, lavagens. A contaminação microbiológica na atmosfera é ainda mais rara que a contaminação química. Além disso, após os primeiros minutos de precipitação geralmente a qualidade melhora muito (ANDRADE NETO, 2003-B).

Nas pequenas cidades de grande parte do planeta, especialmente em áreas rurais, os níveis de contaminação e poluição atmosférica são muito baixos e não atingem concentrações que possam comprometer, de forma significativa, a qualidade da água das chuvas, podendo até ser considerada, em diversos casos, a água natural disponível de melhor qualidade.

Milhões de pessoas que vivem em áreas rurais de diversas partes do mundo utilizam água de chuva captada em telhados e armazenada em cisterna para usos domésticos e, observando na prática, o número de casos informados de problemas

sérios de saúde relacionados a essa água é muito pequeno. Deve-se, portanto, tentar trazer esta prática também para as cidades onde o problema não é o consumo difuso, mas sim a escassez da água de boa qualidade, e o excesso das águas pluviais que causam inundações e outros problemas de drenagem urbana.

A contaminação e a perda da qualidade da água de chuva que chega a cisterna geralmente ocorrem na superfície de captação (telhado, solo, etc.) ou pode ocorrer também devido a sua forma de armazenamento.

Os requisitos de qualidade da água, assim como os cuidados que se deve ter com a sua captação e com o seu armazenamento, estão diretamente relacionados com o uso que se dará a ela. Como existem inúmeras possibilidades de uso, deve-se escolher dentre das diversas formas de captação e armazenamento de água de chuva a que melhor satisfaça as necessidades.

Para que se possa descrever a variação da qualidade da água da chuva, algumas variáveis devem ser analisadas, de forma a identificar como e las se comportam no decorrer da chuva, mostrando em qual momento as mudanças na qualidade da água é mais e menos acelerada. O pH, a Turbidez e a Condutividade Elétrica podem ser relacionados com grande parte das variáveis físico-químicas da água e, por não serem consumptíveis, são de fácil acesso e medição. Desta forma, as curvas de decaimento das três variáveis servem de indicador de comportamento da variação da qualidade da água, servindo também para avaliar de forma preliminar a qualidade físico-química desta água.

O presente trabalho busca definir a curva de variação da qualidade da água da chuva em um meio de média urbanização, em pontos de coletas de diferentes características, ao longo da precipitação, em várias situações de tempo e de espaço, e, com isso, subsidiar avaliações de potencialidades de usos para essas águas associadas à qualidade que cada uso necessita. Com isso, o trabalho busca também minimizar o mito existente de que as águas de chuva em áreas urbanas são de má qualidade e assim incentivar o seu aproveitamento nas zonas urbanas dos municípios.

As águas do início de cada chuva realmente lavam a atmosfera, mas se elas forem descartadas (o que é possível), fica todo o resto da chuva geralmente de muito boa qualidade.

Desta forma, procura-se induzir um melhor aproveitamento desta fonte de água boa e barata que vem sendo desperdiçada dia após dia . A utilização desta fonte traz maior disponibilidade de água de qualidade para consumo, diminui sensivelmente os problemas de drenagem (diminuindo a quantidade de água que vai para a rede pública de águas pluviais) e também pode servir como água para diluição (diminuindo os problemas com o Nitrato, por exemplo) .

A maioria dos trabalhos realizados sobre a qualidade da água de chuva avalia a qualidade desta água depois de sua captação (em telhados, solos, etc.) e também depois do seu armazenamento, porém a análise da água de chuva isoladamente, durante a sua fase inicial, antes da captação e do armazenamento, ainda não é suficiente.

O estudo da água de chuva, antes da captação e do armazenamento, é muito importante porque pode identificar se as impurezas nela encontradas são provenientes da atmosfera ou da captação e armazenamento, fazendo com que se possa evoluir nas técnicas de aproveitamento desse manancial.

Partindo da hipótese que a grande redução dos contaminantes encontrados na água de chuva ocorre dentro do intervalo dos primeiros 10 milímetros de precipitação, a análise realizada separando milímetro a milímetro do início da chuva, permite a identificação de quais milímetros são mais ou menos puros . Desta forma, indicando quantos milímetros de chuva devem ser descartados no início da precipitação para se obter uma melhor qualidade da água .

Através da análise das águas pluviais, com amostras de vários estágios da chuva, constroem-se os gráficos da qualidade (pH, Turbidez e Condutividade Elétrica) em função do decorrer da chuva (volume em mm), podendo assim avaliar estas águas, nos seus variados estágios, visando a potencialidade dos diversos tipos de uso.

A criação destes dados possibilita a identificação de quanta água deve ser descartada no início das chuvas devido a poluição atmosférica e analisa de forma preliminar a qualidade deste manancial, ajudando, assim, a criar novas possibilidades de se garantir, para a população, esse bem tão primordial que é a água.

II – OBJETIVOS

II.1 - Objetivo Geral

Avaliar a variação da qualidade da água de chuva em Natal, durante o início da precipitação, em várias situações de tempo e espaço.

II.2 - Objetivos Específicos

a) Verificar se a qualidade da água de chuva estabiliza para as variáveis utilizadas e, a partir de quantos milímetros de precipitação isso ocorre;

b) Fazer uma verificação preliminar da influência das diferenças atmosféricas na qualidade da água de chuva em três pontos, com características distintas, na cidade de Natal;

c) Produzir as curvas qualitativas da relação entre as variáveis utilizadas como indicadores de qualidade e o volume de chuva (mm).

III. REVISÃO DE LITERATURA

III.1-Qualidade da água

A água na natureza não se encontra em seu estado puro . Devido a sua propriedade de "solvente universal" ela incorpora a si varias partículas e materiais que nela são dissolvidos (inclusive gases), os quais definem a sua q ualidade. A quantidade e qualidade destas partículas e materiais dissolvidos é que determina as características físicas, químicas e biológicas da água.

A água na atmosfera também está agregada a diversas partículas e microorganismos, variando no tempo em função da quantidade e qualidade das cargas poluidoras e das condições meteorológicas relativas a intensidade, duração e recorrência das chuvas e do vento.

A qualidade do ar interfere diretamente na qualidade da água da chuva , que pode variar de acordo com as condições meteorológicas, localização geográfica da amostra, presença de vegetação e atividades desenvolvidas nas proximidades que emitam cargas poluidoras. Estes poluentes podem ter diversas origens, como: industrial, agrícola, de mineração, de construção civil, veículos, etc..

De acordo com Tomaz (2003), se a amostra for coletada próximo a centros urbanos, são encontrados na atmosfera partículas como dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio, zinco, entre outros. Se for coletada próximo ao oceano, são encontradas mais substâncias como o sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio. Se for distante da costa encontram-se substâncias como a sílica, o alumínio, o ferro, e originadas através de processos biológicos como o nitrogênio, o fósforo e o enxofre.

Para analisar a qualidade da água da chuva com fins de utilização deve -se considera-la em três momentos distintos, a chuva diretamente da atmosf era, a chuva após passar pela área de captação (telhado, pátio, etc.) e a chuva armazenada dentro de cisterna. Para os diferentes momentos, a qualidade da água estará associada a diferentes fatores como: os materiais utilizados na área de captação e na cisterna, condições e manutenção destas partes do sistema, fatores ambientais, entre outros.

A qualidade da água pode ser traduzida através de diversos indicadores de qualidade e de parâmetros que representam as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

III.1.1-Parâmetros Físicos

Os parâmetros físicos envolvem aspectos, em geral, de ordem psicológica e estética. Segundo Heller e Pádua (2006), a rejeição de água com padrão organoléptico alterado é um comportamento de defesa intuitiva do homem. Contudo, em alguns casos os consumidores podem rejeitar fontes seguras que sejam esteticamente objetáveis, em favor de fontes potencialmente inseguras com aspecto mais agradável.

A análise dos parâmetros físicos, em relação a problemas sanitários, representa a menos importante para a caracterização da qualidade de uma água. A interpretação dos resultados deve ser feita em conjunto com parâmetros químicos e/ou biológicos para que se possa ter alguma conclusão relevante.

A turbidez é um dos principais parâmetros físicos que podem ser analisados para a verificação da qualidade de águas.

a) Turbidez:

A turbidez representa o grau de dificuldade que a luz apresenta para atravessar uma certa quantidade de água, que confere uma aparência turva à mesma.

É decorrente principalmente da presença de sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, etc.), orgânicos ou inorgânicos, finamente divididos em estado coloidal, e da presença de organismos microscópicos.

Constitui uma característica mais própria das águas correntes, devido a sua turbulência que provoca a suspensão dos sólidos presentes na água, sendo, em geral, baixa nas águas dormentes. A turbidez reduz a penetração da luz na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese.

Ela pode reduzir a eficiência da desinfecção da água, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com o desinfetante; além disso, as partículas que causam turbidez transportam matéria orgânica absorvida que podem provocar sabor e odor.

Pode possuir origem natural quando proveniente de partículas de rocha, argila e silte, assim como, de algas e outros microrganismos, não trazendo inconvenientes sanitários diretos. Tem origem antrópica quando provém de despejos domésticos, despejos industriais e erosão (causada por alteração do meio), podendo estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

Esses materiais se apresentam em tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores ($> 10 \mu\text{m}$), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais (diam.= 1 a $0,01 \mu\text{m}$).

A Turbidez é freqüentemente utilizada na caracterização das águas de abastecimento brutas e tratadas, e para controle da operação das estações de tratamento de água. Ela pode interferir significativamente na aceitação da água por parte dos usuários.

A transparência de um corpo d'água é um fator determinante de sua condição e produtividade. Ela é importante na confecção de produtos destinados ao consumo humano, para operações de manufaturamento, na produção de bebidas, em processos alimentícios e no próprio tratamento de água potável.

Historicamente, o método padrão para a determinação da turbidez é baseado no turbidímetro de Jackson (Jackson Candle Turbidimeter). Porém o menor valor de turbidez que pode ser medido diretamente com este turbidímetro é o de 25 Jackson Turbidity Units, e como a água tratada tem valores entre 0 e 1 unidade, métodos indiretos secundários tiveram que ser desenvolvidos para estimar a turbidez. Os aparelhos eletrônicos para medição de turbidez são os mais utilizados.

Turbidímetros que utilizam detectores de dispersão da luz localizados a 90° do raio de incidência são chamados, em inglês, *nephelometers*.

A precisão, sensibilidade e aplicabilidade para medição da turbidez faz o método nefelométrico o mais aconselhável dos métodos visuais. Sua unidade é a UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

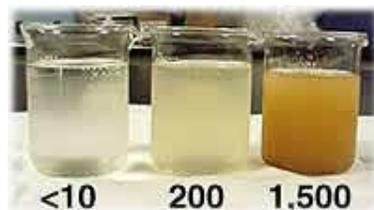
A medição da turbidez deve ser feita logo após a coleta da amostra, e deve-se agitar a amostra para que ela fique mais homogênea e mais representativa.

A unidade utilizada é UT (Unidade de Turbidez - unidade de Jackson ou nefelométrica).

O Método nefelométrico consiste na comparação entre o espalhamento de um feixe de luz lançado na amostra e o espalhamento de um feixe de luz de igual intensidade lançado em solução padrão. Lançamento este realizado a 90° do plano de incidência, medindo a intensidade da sua dispersão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez.

A presença de gases ou bolhas podem causar resultados falsos. Cor verdadeira também pode causar alteração nos valores da turbidez, mas o efeito quando considerado água tratada, normalmente não é significativo.

A turbidez para as águas de chuva, da mesma forma que a água tratada para abastecimento humano variam entre 0 e 1. Um exemplo com amostras de valores de turbidez (em UNT) diferentes pode ser observado na Figura 1.



Fonte: COUTO (2006).

FIGURA 1: Amostras com diferentes valores de Turbidez.

III.1.2-Parâmetros Químicos

Parâmetros químicos da água indicam a presença de substâncias nela dissolvidas, e que são geralmente avaliáveis somente por meios analíticos. Estes parâmetros têm grande importância sanitária, tendo em vista as conseqüências sobre o organismo dos consumidores, ou sob o aspecto econômico.

Através dos parâmetros químicos pode-se caracterizar a origem, natureza e o grau de contaminação dos poluentes que por ventura estejam presentes na água, e também avalia o equilíbrio bioquímico dos corpos aquáticos.

Esses parâmetros descrevem a história da água antes do ponto de coleta da amostra. São determinados por meio de análise química, seguindo métodos adequados e padronizados para cada substância. Normalmente, os resultados são fornecidos em concentração das substâncias em mg/L.

Alguns dos parâmetros químicos mais importantes são:

a) pH :

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, ou seja, é o modo de expressar através de escala antilogarítmica a concentração de íons de hidrogênio (H⁺) presente nessa solução. A faixa de pH varia de 0 a 14, tendo o valor 7, a uma temperatura de 25°C, como expressão da neutralidade, valores menores que 7 representam acidez e valores maiores alcalinidade. A situação neutra depende da temperatura, tendo seu valor de pH em 7,5 para uma temperatura de 0°C, e pH 6,5 para uma temperatura de 60°C.

Águas naturais têm valores de pH normalmente entre 4 e 9, porém geralmente as águas superficiais apresentam valores levemente básicos, devido a presença de bicarbonatos e carbonatos.

Ocorre devido a presença de sólidos e gases dissolvidos na água, originados de forma natural através da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese; e/ou de forma antropogênica, decorrente de despejos domésticos e despejos industriais .

É utilizado em todo o tipo de caracterização de massa d'água. Tem grande importância em diversas etapas do tratamento de água (coagulação, desinfecção, controle de corrosividade, remoção da dureza, etc.).

Quando o pH é baixo (condições ácidas) existe corrosividade, quando o pH é alto (condições básicas) pode provocar incrustações, e quando os valores de pH estão muito afastados da neutralidade podem afetar toda a vida aquática, inclusive os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos.

Sua unidade é adimensional.

O pH definido por Sorenson é o $\log 1 / [H^+]$, relacionado com a intensidade do fator de acidez. A escala logarítmica é conveniente para expressar a atividade iônica. De forma que:

$$(-\log_{10} a_{H^+}) + (-\log_{10} a_{OH^-}) = 14$$

ou

$$pH + pOH = pK_w$$

O princípio básico da medição do pH através do método eletrônico é a determinação da atividade dos íons de hidrogênio através da medição potenciométrica usando um eletrodo padrão para hidrogênio e um eletrodo de referência.

Para trabalhos rotineiros o medidor de pH tem sensibilidade de 0,1 pH e vem equipado com um sistema de ajuste de acordo com a temperatura.

Este tipo de equipamento deve ser calibrado potenciometricamente.

b) Condutividade Elétrica :

A condutividade elétrica (K) indica a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Está diretamente relacionado com a presença de íons (partículas carregadas eletricamente) dissolvidos na água, nas suas concentrações totais, mobilidade e valência; e na temperatura da medição.

Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais os principais íons responsáveis pelos valores da condutividade são: o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloreto s, entre outros. Soluções de compostos inorgânicos são normalmente bons condutores. Convencionalmente, moléculas de compostos orgânicos que não dissociam em meio aquoso conduzem muito pouca corrente.

A análise da condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas indica a presença de íons, acusando assim possíveis impactos ambientais na massa d'água, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água.

Conductância (G) é o inverso da resistência ($G = 1/R$), onde a unidade de R é o ohm, e a unidade de G é ohm^{-1}

A conductância (G) de uma solução é diretamente proporcional a área da superfície do eletrodo (A), medido em cm^2 , e inversamente proporcional a distância entre os eletrodos (L), medido em cm. A constante de proporcionalidade (K) é chamada de Condutividade. $G = K \cdot (A / L)$.

A unidade do K é $1 / \text{ohm.cm}$ ou mho / cm . Como os valores para água tratada são muito baixos, normalmente se tem a unidade $\mu\text{mho} / \text{cm}$. No Sistema Internacional de Unidades a unidade mho equivale a siemens (S) e a condutividade é normalmente expressa em $\mu\text{S} / \text{cm}$, sendo utilizada também o mS / cm .

Água destilada tem condutividade entre 0,5 e 3,0 $\mu\text{S} / \text{cm}$. Segundo Clesceri (1998), condutividades acima de 50.000,0 $\mu\text{S} / \text{cm}$ ou abaixo de 10 $\mu\text{S} / \text{cm}$ tem medição dificultada para a maioria dos aparelhos do mercado.

A determinação da condutividade pode ser feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um condutímetro digital, que através da calibração dos valores de G, de A e de L, encontra a constante K, que representa o valor da Condutividade Elétrica.

III.1.3-Parâmetros Microbiológicos

Seja em ambiente terrestre, aquático ou atmosférico, existe a presença de seres vivos, microscópicos ou não. Cada microorganismo tem funções específicas dentro do meio, que são de fundamental importância para o equilíbrio dos ecossistemas, principalmente as funções relacionadas com transformações de substâncias dentro dos ciclos biogeoquímicos.

Todo material em suspensão na água, seja ele vivo ou inanimado, tem um significado para a avaliação da qualidade das águas, tendo maior ou menor importância dependendo da sua natureza.

O principal aspecto da qualidade das águas, referente aos parâmetros biológicos, é relativo a potencialidade que a água tem de transmitir doenças. A determinação desta potencialidade pode ser efetuada de forma indireta, através de exames bacteriológicos por meio dos organismos indicadores de contaminação, pertencentes principalmente, ao grupo de coliformes.

A indicação de contaminação microbiológica pode se dar através da contagem do número total de bactérias, obtendo-se o resultado em número de bactérias por unidade de volume da amostra. Contudo, um número elevado de bactérias não é obrigatoriamente indicativo de poluição.

A avaliação de coliformes é um dos parâmetros mais utilizados para a indicação de contaminação microbiológica. O grupo coliforme é constituído por dois grandes gêneros: o gênero *Escherichia* e o gênero *Aerobacter*. No gênero *Escherichia* existem várias espécies dentre as quais a *Escherichia Coli* é a espécie mais abundante, representando 95% dos coliformes encontrados nas fezes. Outras espécies do grupo coliforme também podem ser encontradas em plantas ou em solo.

São definidos como microorganismos do grupo Coliformes Fecais (termotolerantes), bastonetes gram-negativos, não esporulados, redutores de nitrato, capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas, à temperatura de 44-45°C, em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. São representados pela *Escherichia coli* e, pelos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, entre outros (BRASIL. CONAMA, Resolução Nº 274, 2000).

Os Coliformes Fecais estão presentes no interior dos intestinos dos animais superiores auxiliando na digestão, estando presentes em fezes humanas e de animais podendo, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica. Possuem resistência similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais, particularidades essas que permitem associar sua presença na água à contaminação de origem fecal e, conseqüentemente, à sua potencialidade para transmitir doenças de veiculação hídrica.

Concentrações elevadas de coliformes fecais podem tornar inviável a utilização de um manancial, mesmo com tratamento, para determinadas finalidades.

A medição de coliformes na água normalmente é realizada através do método das membranas filtrantes ou pelo método da fermentação em tubos múltiplos.

Os resultados são expressos através do número de coliformes por 100mL de amostra de água. A análise da concentração de coliforme é recomendado para controle de sistemas de abastecimento de água e, em particular, da eficiência do tratamento.

III.2 – Histórico do Aproveitamento da Água de Chuva

O manejo e aproveitamento da água de chuva tem sido uma prática exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. Passando pelo Oriente, Oriente Médio, Europa, e pelos Incas, Maias e Astecas na América Latina, relatos de dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva remontam a sistemas construídos e operados há mais de 2.000 anos (GONÇALVES et al., 2006, Capítulo 3). Gould e Nissen-Peterson (2002) relatam a existência de um sistema integrado de manejo de água de chuva datado de 2.000 A.C, no deserto de Negev, atualmente território de Israel.

Durante o império romano, a prática da captação e utilização da água de chuva já era conhecida e empregada em diversas regiões como no Norte da África e na ilha da Sardenha.

Como o desenvolvimento econômico e tecnológico do mundo até o final do século XX ocorreu em regiões com poucos problemas de disponibilidade de água, as técnicas de captação de água de chuva foram postas de lado e foi dada mais ênfase às técnicas de aproveitamento de águas subterrâneas e superficiais. Com o grande crescimento populacional e as práticas predatórias do ser humano, tanto as regiões áridas e semi-áridas começaram a ser mais povoadas, quanto os problemas com a disponibilidade de água potável começaram a surgir em outras regiões, fazendo-se necessária a busca de outras formas de captação de água, retomando então o desenvolvimento da técnica de captação de água de chuva.

Atualmente a utilização da água de chuva voltou a ser desenvolvida e a fazer parte da gestão moderna das grandes cidades. Vários países da Europa e Ásia utilizam-se da água da chuva em suas indústrias, residências e na agricultura.

Vários países como os Estados Unidos, o Japão, a Alemanha e a China estão desenvolvendo cada vez mais pesquisas para o aperfeiçoamento do conhecimento e das técnicas de aproveitamento da água da chuva.

a) No Brasil

Os portugueses quando chegaram ao Brasil, já conheciam as técnicas de coleta e aproveitamento de água de chuva, porém devido a abundância de água doce superficial em todo litoral brasileiro, estas técnicas não foram utilizadas.

Apesar da água de chuva já ser utilizada no nordeste brasileiro antes do século passado, o primeiro relato no Brasil, de sistema de aproveitamento de água de chuva, foi o sistema construído pelo exército norte-americano na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943, que funciona até hoje para o abastecimento da população.

Segundo Tomaz (2003), analisando dados pluviométricos do território brasileiro, encontra-se uma variação muito grande em relação às regiões. Observa-se grande volume de chuva na região Amazônica, com média 3.000 mm/ano, na região central do país com média 1.300 mm/ano e no semi-árido nordestino com chuvas variando entre 250 mm/ano a 600 mm/ano.

Apenas nas últimas décadas do século XX o aproveitamento da água da chuva passou a fazer parte de programas governamentais e de organizações não governamentais, principalmente para o nordeste brasileiro. Em 1975 foi criado o Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA), que tem grande destaque em pesquisas sobre coleta da água da chuva e na construção de cisternas para armazenamento de água para consumo no Semi-Árido do Brasil.

Em 2001 a ASA - Articulação para o Semi-Árido criou o “Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC)”, com objetivo de erradicar a pobreza e a fome na região, baseou-se em projetos já existentes em outros países e contempla além da solução da falta de água, também a educação sanitária e a educação sobre o bom uso dos

recursos hídricos para as comunidades alvo. Cada Cisterna tem capacidade de Armazenar 16 mil litros de água e estima-se que beneficie 5 pessoas.

O projeto conta com o apoio do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério do Desenvolvimento Social, e atualmente é apoiado também pelo Programa Fome Zero. A implementação do projeto se iniciou em julho de 2003, e até o dia 17 de Julho de 2007 foram construídas 196.366 cisternas rurais, de acordo com o site da ASA (<http://www.asabrasil.org.br/>, acesso em: 21 de Julho de 2007). Esta iniciativa é muito importante, porém ainda está aquém das necessidades e do potencial que este manancial tem. O programa tem o objetivo de atingir um milhão de cisternas em cinco anos e faltando apenas um ano para o fim do prazo construiu menos de 20% do esperado.

Contudo, a utilização da água de chuva no Brasil e nos demais países do mundo, passou a ser considerada como uma importante fonte de água, para fins potáveis ou não potáveis, devendo ser inserido nos sistemas de ge stão integrada de águas urbanas.

III.3 – Avaliações da Qualidade da Água de Chuva

O trabalho “Contaminação da água de chuva e da drenagem pluvial” de De Luca et al. (1990), apresenta aspectos de qualidade da água de chuva e de drenagem pluvial urbana da Região Metropolitana de Porto Alegre -RS. Em relação a água de chuva ele expõe análise qualitativa em três diferentes situações: em região metropolitana; em região altamente Industrial; e em região não industrial; sendo elas em Porto Alegre e também em regiões diferentes, através da obtenção de dados em outros trabalhos. São analisadas, de forma comparativa, diversas variáveis para estas três situações como mostra a Tabela 1.

Para a coleta das amostras foi utilizado um amostrador composto por funil coletor de 1m² e reservatório de 50 litros, com coletas em 23 pontos num raio de 30 Km do centro de Porto Alegre realizadas em 50 campanhas de coleta ao longo do ano.

TABELA 1: Tabela que expõem análise de qualidade da água de chuva em três diferentes situações: em região metropolitana; em região altamente Industrial; e em região não industrial.

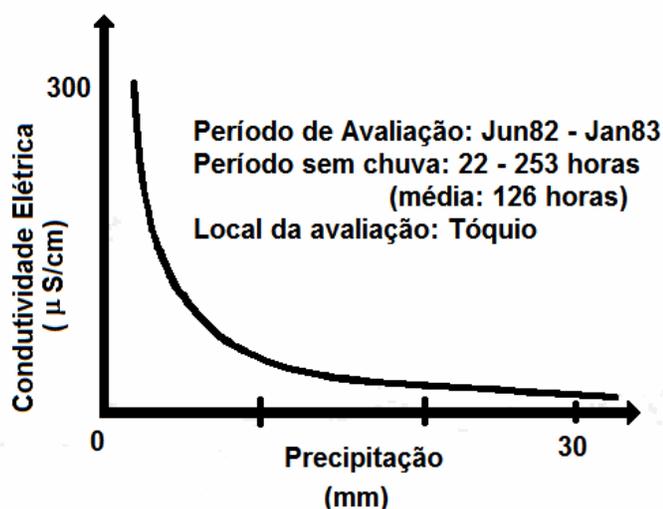
I: Região não industrial (USA, Europa)
 II: Região altamente industrial (USA, Europa)
 III: Região metropolitana de Porto Alegre/RS

Parâmetros	I		II		III		
	Concentração (mg/l)		Concentração (mg/l)		Concentração (mg/l)		
	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
pH	5,6	4,8	5,0	4,0	6,0	5,5	4,0
Sulfatos	9,2	1,1	39,5	9,3	7,0	6,0	5,0
Cloretos	1,1	0,1	1,2	0,7	4,9	4,2	3,7
Nitrato	1,0	0,2	31,8	6,2	0,57	0,45	0,34
Ferro Total	-	-	42,0	7,0	1,12	0,65	0,36
Amônia	-	-	-	-	3,10	1,80	1,00
Cálcio	1,2	0,2	20,0	2,0	1,35	0,95	0,58
Magnésio	0,2	0,1	7,9	1,2	1,85	0,81	0,35
Potássio	0,3	0,1	0,8	0,1	0,80	0,66	0,30
Zinco	-	-	33,0	3,3	0,03	0,01	0,008
Chumbo	-	-	52,0	31,0	0,09	0,06	0,05
Cobre	-	-	1,9	0,04	0,03	0,01	0,01
Cádmio	-	-	0,2	0,01	0,06	0,02	0,002

Fonte: De LUCA *et al.*, (1990).

A contaminação da chuva inicial ocorre quando as gotas da chuva caem trazendo consigo partículas que estão suspensas no ar. Em áreas urbanas, onde tem grande quantidade de veículos e fábricas, ocorre a presença de substâncias nocivas como o Dióxido de Enxofre (SO₂) e Óxidos de Nitrogênio (NO_x).

A contaminação dos primeiros milímetros de chuva é mais elevada, pois as primeiras águas lavam o excesso dessas partículas, limpando assim a atmosfera. Com o passar da chuva a qualidade de suas águas vai melhorando ao passo que vai esgotando os poluentes presentes na atmosfera, tornando portanto, a água de chuva uma água de excelente qualidade, desde que se elimine as primeiras águas, como mostra a Figura 2.



(b) Relação entre a precipitação e a sujeira das águas pluviais

Fonte: FENDRICH e OLIYNIK, (2002).

FIGURA 2: Curva Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$) x Precipitação (mm), expondo o decaimento da condutividade elétrica com o passar da chuva em seu estágio inicial.

De acordo com a Figura 2, os primeiros 10 milímetros de precipitação são responsáveis pela grande redução das impurezas trazidas pela água de chuva, que limpam a atmosfera, e após isso a redução destas impurezas se dá de forma muito lenta. Portanto, o presente trabalho analisa a redução destas impurezas no decorrer dos primeiros 10 milímetros de chuva.

Em De Luca e Gomes (2000), utiliza-se as seguintes variáveis para a caracterização da qualidade da água de chuva: Temperatura, pH, OD, Acidez, Alcalinidade Total, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos, Amônia, DQO, Sulfatos, Fosfatos, Cloretos, Nitrito, Nitrato, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Chumbo, Cobre, Cádmio, Ferro Total e Mercúrio.

Outro trabalho realizado que aborda o mesmo tema é a dissertação intitulada “Aproveitamento das Águas de Chuva da Cidade de Natal para fins Potáveis” de Guilherme (2006), que coleta a água de chuva em três estágios .

O primeiro estágio (P1) é a coleta direta, sem que a água passe pela captação (telhado, solo, etc.) ou pelo armazenamento, da mesma forma, que o

presente trabalho, sendo que realizada através de amostra única por medição, sem comparar de forma segmentada a variação da qualidade da chuva no decorrer do tempo.

O segundo estágio (P2) é o da coleta na caixa de descarte das primeiras águas, chamado pela autora de caixa de passagem. E o terceiro estágio (P3) sendo coletado na cisterna (armazenamento), comparando os valores e observando a eficiência da caixa de descarte de primeiras águas.

O trabalho analisa as variáveis: turbidez, temperatura, STD, pH, Alcalinidade, Dureza Total, Cálcio, Cloreto, Sulfato, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Condutividade e Coliforme Fecal e Coliforme Total, e os valores para suas médias nos anos de 2005 e 2006 podem ser observados na Tabela 2.

TABELA 2: Parâmetros médios de qualidade da água de chuva na cidade de Natal-RN, com pontos de amostragem no LARHISA-UFRN, onde: P1 é um pluviômetro qualitativo; P2 é a Caixa de passagem; e P3 é a Cisterna.

Parâmetros	Média 2005			Média 2006		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Turbidez (UNT)	0,68	1,37	0,80	0,69	1,37	0,72
pH	5,51	6,60	5,98	5,76	7,00	6,68
Condutividade Elétrica (µS/cm)	19,85	91,94	36,20	17,82	85,81	35,02
Alcalinidade Total (mg/L)	7,28	34,07	18,86	5,94	23,18	13,58
Cloreto (mg/L)	6,23	14,65	6,39	6,02	13,58	6,27
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	-	96,00	66,00	-	96,00	66,00
Dureza (ppm)	5,80	30,80	23,80	3,80	28,60	17,40
N. Amoniacal (mg/L)	1,53	1,67	1,57	1,57	1,47	1,46
Nitrito (mg/L)	0,012	0,014	0,013	0,012	0,013	0,013
Nitrato (mg/L)	0,102	0,112	0,241	0,131	0,124	0,163
Sulfato (mg/L)	0,069	1,461	0,058	0,051	0,807	0,041
STD (mg/L)	7,16	39,44	18,54	6,28	32,58	16,66
Cálcio (mg/L)	3,16	12,04	5,03	2,78	10,14	4,34

Adaptado de Guilherme (2006).

Após a análise da qualidade físico-química da água, tanto nas amostras de coleta direta, quanto na caixa de descarte das primeiras águas e no reservatório de armazenamento (cisterna), apresentaram valores satisfatórios para consumo humano.

De acordo com os dados obtidos no trabalho de Guilherme (2006), a captação direta da atmosfera apresenta valores muito baixos; a passagem pelo sistema de coleta do telhado, calhas e condutores, altera significativamente a qualidade das águas pluviais; e a caixa de passagem é eficaz para a correção dos parâmetros físico-químicos, reduzindo os valores dos parâmetros analisados na cisterna.

Foi analisado também o trabalho de Jaques (2005), que foi desenvolvido, no município de Florianópolis, e avalia a qualidade físico-química e bacteriológica da água de chuva para amostragens realizadas em locais e formas diferentes. Este trabalho traz valores correspondentes a coleta direta da chuva (P1) através de recipiente em acrílico localizado a 1,0 metro do solo, após passar por telhado de cimento amianto (P2), após passar por telhado cerâmico (P3) e coletado na cisterna (P4) após passar por telhado de zinco (ver Tabela 3).

O trabalho também mostra a preocupação com a análise da chuva em estágios diferentes para as amostras que passaram pelos telhados, sendo analisadas em diferentes estágios: para 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva. Porém, esta separação em minutos é equivocada, uma vez que a intensidade da chuva é variável, e a velocidade com que a água lava a atmosfera e a superfície de captação não é a mesma para chuvas diferentes, fato que impossibilita uma comparação. Esta separação deveria ser em milímetros de chuva.

TABELA 3: Resultados das amostras de água de chuva – Parâmetros Físico-químicos e bacteriológicos.

PARÂMETROS	P1	P2 0'	P2 10'	P2 30'	P2 60'	P3 0'	P3 10'	P3 30'	P3 60'	P4
Turbidez (UNT)	4,26	15,92	7,58	6,82	4,42	11,32	5,69	11,90	4,06	4,70
Ph	5,46	7,23	7,19	7,58	7,40	6,41	6,51	6,51	6,52	5,13
Cond. Elétrica (µS/cm)	16,57	53,29	41,29	40,00	32,17	28,88	28,14	13,25	13,29	32,25
Cloreto (mg/L)	9,09	14,69	11,73	11,23	10,04	14,02	10,73	10,42	8,45	13,95
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	1,37 E+03	1,87 E+03	1,47 E+03	1,17 E+03	1,10 E+03	1,76 E+03	1,81 E+03	1,87 E+03	1,71 E+03	2,49 E+03
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	6,67 E+00	7,41 E+01	3,32 E+01	2,44 E+01	1,14 E+02	7,05 E+02	7,16 E+02	2,62 E+02	1,04 E+02	1,31 E+01
Cor (uH)	10,00	58,78	22,89	22,78	15,71	35,62	18,75	18,93	11,00	5,00
Dureza (ppm)	9,29	49,51	41,21	33,82	29,19	23,98	15,27	12,19	14,04	11,78
DBO (mg/L)	3,36	4,04	2,24	2,29	1,54	3,50	2,43	2,90	3,00	1,01
DQO (mg/L)	49,67	74,00	29,56	21,67	18,43	55,00	31,00	22,89	24,71	12,40
N. Amoniacal (mg/L)	1,09	1,11	0,77	0,76	0,70	1,39	0,76	0,77	0,70	0,68
Nitrito (mg/L)	0,31	0,50	0,37	0,37	0,26	0,33	0,27	0,28	0,32	0,15
Nitrato (mg/L)	0,50	0,66	0,51	0,50	0,50	0,57	0,50	0,50	0,50	0,50
Fósforo Total (mg/L)	0,71	1,61	1,16	2,12	1,00	1,03	1,07	1,02	1,26	0,69
SS (mg/L)	7,00	65,56	9,80	13,64	3,40	50,73	17,78	13,33	3,70	-
SSd (mg/L)	0,61	32,11	13,11	11,00	6,29	15,00	9,67	5,89	3,75	0,00
Ferro (mg/L)	0,02	1,35	0,22	0,29	0,10	0,57	0,13	0,11	0,06	0,02
Alumínio (mg/L)	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00

Adaptado de Jaques (2005).

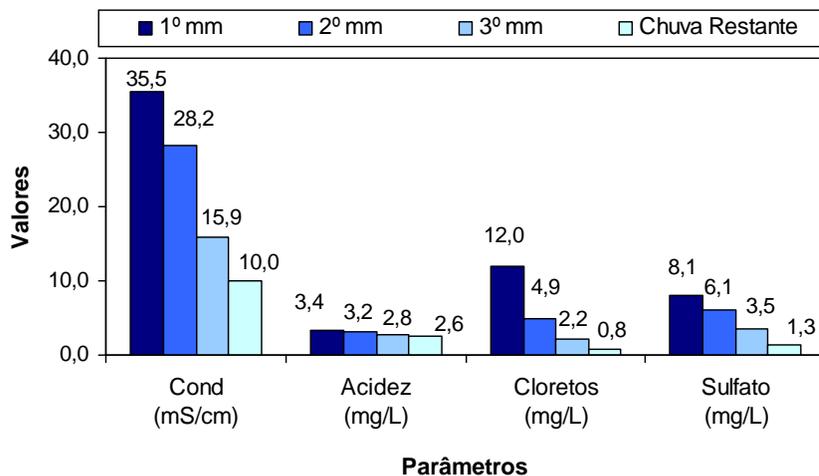
A maior parte dos parâmetros físico-químicos apresenta um decréscimo de concentração em função do tempo, fato que confirma a necessidade de descarte das primeiras águas a fim de diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores localizados nos telhados e na atmosfera, que influenciam na elevação de sólidos suspensos, turbidez, cor, coliformes fecais, DBO e DQO. Os valores de cor, turbidez e coliformes fecais encontram-se acima do estabelecido pela Portaria N° 518 do Ministério da Saúde.

Jaques (2005) não recomenda a utilização da água de chuva para fins potáveis sem que antes haja um tratamento adequado.

Um outro trabalho que foi analisado é o “Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES)” de Anecchini (2005). A pesquisa teve como objetivo caracterizar a água da chuva no município de Vitória (ES) e estudou as modificações das características físico-químicas e biológicas da água de chuva ao longo de um sistema de aproveitamento e também durante os primeiros 3 milímetros de chuva com a captação direta da atmosfera, durante o período de maio de 2004 a novembro de 2005.

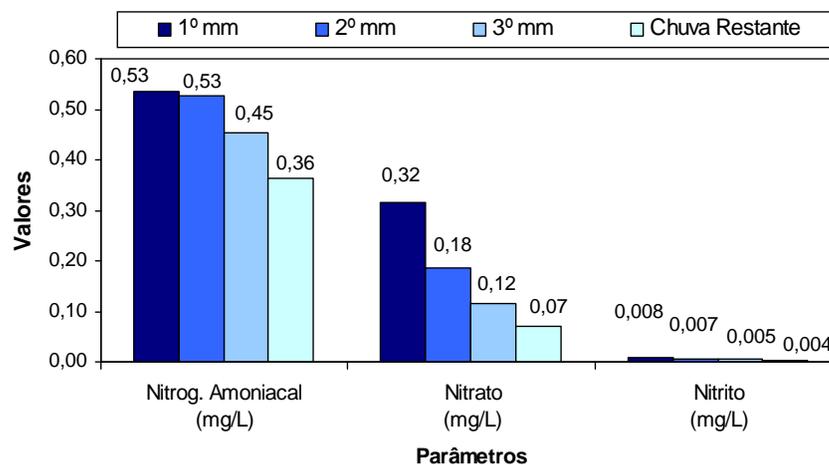
Para este estudo a autora coletou água da chuva diretamente da atmosfera, através de uma caixa d'água de polietileno com capacidade para 150 L, e esta caixa permanecia fechada durante todo o período de estiagem, sendo aberta somente quando se iniciava a precipitação da chuva, fato que necessita de prontidão constante para possibilitar a análise. Na Tabela 4 os resultados das médias desta coleta estão na primeira coluna (Di reto Atm).

Nesta parte do experimento também realizaram a coleta da chuva de forma separada analisando o 1º, o 2º, o 3º milímetros e o restante da chuva, mas não está explicado no trabalho como isso ocorreu. Os dados da análise dos primeiros milímetros podem ser observados nas Figuras 3 e 4.



Fonte: Anecchini (2005).

FIGURA 3: Gráfico dos valores de Condutividade Elétrica, Acidez, Cloretos e Sulfatos para o 1º, 2º, 3º milímetros e o restante da chuva.



Fonte: Anecchini (2005).

FIGURA 4: Gráfico dos valores de Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Nitrito para o 1º, 2º, 3º milímetros e o restante da chuva.

A autora também analisou a água da chuva logo após passar pela captação através de telha metálica em 4 etapas distintas. A 1ª Etapa sem nenhum tipo de tratamento nem remoção de sólidos grosseiros; da 2ª a 4ª Etapa foram coletadas na caixa de descarte das primeiras águas, após filtro auto-limpante, sendo que a 2ª Etapa foi analisando o primeiro 0,5 milímetro de chuva; a 3ª Etapa analisando o primeiro milímetro de chuva; e a 4ª Etapa analisando o primeiro 1,5 milímetro de chuva.

Após o descarte das primeiras águas a chuva ainda passava por um medidor de vazão e em seguida por uma tela em Nylon e era armazenada em cisterna por 7 dias. Daí eram feitas análises para as águas, armazenadas nestas cisternas, após remoção dos primeiros 0,5, 1,0 e 1,5 milímetros de chuva. Os valores médios das variáveis analisadas neste trabalho estão na Tabela 4.

TABELA 4: Resultados das amostras de água de chuva – Médias dos Parâmetros Físico-químicos e bacteriológicos.

Parâmetros	Direto Atm	1ª Etapa	2ª Etapa 0,5 mm	Res. pós 0,5 mm	3ª Etapa 1,0 mm	Res. pós 1,0 mm	4ª Etapa 1,5 mm	Res. pós 1,5 mm
Turbidez (UNT)	0,90	10,40	15,90	0,40	37,00	0,50	21,50	0,20
Ph	6,09	6,84	6,43	6,39	6,52	6,53	6,30	6,21
Condutividade Elétrica (mS/cm)	32,70	102,60	43,60	17,60	56,30	16,00	27,20	13,90
Alcalinidade Total (mg/L)	1,80	18,50	9,80	4,00	15,60	4,90	5,30	2,70
Cloreto (mg/L)	4,10	14,50	5,30	2,40	8,00	1,50	3,10	1,30
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	-	-	3,47E+03	3,63E+02	3,86E+02	1,46E+02	3,42E+03	4,68E+01
Cor Verdadeira (uH)	-	-	4,60	2,50	7,10	2,10	4,00	0,70
Dureza (mg/L)	8,40	19,80	15,00	5,90	26,40	5,20	8,00	2,10
DBO (mg/L)	2,70	6,40	5,70	2,00	4,10	1,20	3,90	1,30
DQO (mg/L)	8,90	32,20	28,20	11,50	46,10	10,20	20,90	7,90
N. Amoniacal (mg/L)	0,52	0,48	0,49	0,36	0,18	0,06	0,26	0,13
Nitrito (mg/L)	0,009	0,036	0,017	0,006	0,019	0,006	0,008	0,002
Nitrato (mg/L)	0,23	0,34	0,46	0,14	0,45	0,14	0,22	0,04
Fósforo Total (mg/L)	0,048	0,150	0,096	0,018	0,084	0,010	0,059	0,025
SS (mg/L)	7,90	46,70	109,90	13,20	185,00	4,00	95,20	1,50
SDT (mg/L)	39,60	157,90	143,00	49,40	49,50	15,00	80,20	14,00
Cloretos (mg/L)	4,10	14,50	5,30	2,40	8,00	1,50	3,10	1,30
Sulfato (mg/L)	3,90	13,30	9,30	2,40	12,20	1,80	5,10	0,50

Adaptado de Anecchini (2005).

Analisando o trabalho de Anecchini (2005) pode-se observar que, com exceção da acidez, os valores encontrados para as variáveis sofrem grande queda durante os primeiros 3 milímetros de precipitação (Figuras 3 e 4). Observa-se também que após a água passar pela superfície de captação os valores da maioria das variáveis analisadas aumentam consideravelmente.

Para as análises realizadas nas caixas de descarte de primeiras águas e nas cisternas nota-se que o aumento do volume de descarte da primeira chuva, melhora a qualidade da água que vai para a cisterna.

Uma publicação que também foi analisada é Gonçalves et al (2006), que traz vários dados no âmbito do PROSAB de pesquisas vinculadas a água de chuva realizadas em duas instituições, na UFES e na EFSC. Alguns dados deste livro também aparecem no trabalho de Anecchini (2005).

Dentro do capítulo 3 de Gonçalves et al (2006), podemos destacar os valores médios da chuva atmosférica obtidos no intervalo entre dezembro de 2004 e maio de 2005 (Tabela 5), que apresenta valores dentro dos padrões de potabilidade para a maioria das variáveis físico-químicas analisadas.

TABELA 5: Resultados médios da qualidade da água da chuva atmosférica em Florianópolis-SC e em Vitória-ES, obtidos no intervalo entre dezembro de 2004 e maio de 2005.

Parâmetros	Chuva atmosférica de Florianópolis / SC	Chuva atmosférica de Vitória / ES
Turbidez (UNT)	1,6	0,9
pH	5,8	6,1
Alcalinidade Total (mg/L)	4,5	1,8
Acidez (mg/L)	2,7	3,7
Cloretos (mg/L)	0,6	4,1
Col. Totais (NMP/100 ml)	1,77E+03	-
E. Coli (NMP/100 ml)	5,68E+00	-
Cor Aparente (UC)	12,8	-
Cor Verdadeira (UC)	4,0	-
Dureza (ppm)	7,3	8,4
DBO (mg/L)	-	2,7
DQO (mg/L)	7,9	8,9
NTK (mg/L)	3,4	-
N. Amoniacal (mg/L)	0,7	0,5
Nitrito (mg/L)	0,0	0,0
Nitrato (mg/L)	0,1	0,2
Sulfatos (mg/L)	0,6	3,9
SST (mg/L)	1,0	7,9
ST (mg/L)	31,9	47,3
SV (mg/L)	21,6	-

Fonte: Gonçalves et al (2006).

Destaca-se também os resultados médios da qualidade da água de chuva atmosférica, da água de descarte e da água armazenada em cisterna após

tratamento por filtro de areia, obtidos junto ao sistema Ratores em Florianópolis -SC (Tabela 6).

TABELA 6: Resultados médios da qualidade da água da chuva, obtidos no sistema Ratores, Florianópolis-SC.

Parâmetros	Chuva atmosférica	Água de Descarte	Água da Cisterna
Turbidez (UNT)	1,47	4,56	2,54
pH	5,93	7,48	7,57
Alcalinidade (mg/L)	3,87	31,18	23,05
Cloretos (mg/L)	0,59	5,32	5,93
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	1,68E+03	2,82E+03	1,50E+03
E. Coli (NMP/100 ml)	5,10E+00	1,54E+01	4,49E+00
Cor (UC)	3,30	24,87	13,61
Dureza (mg/L)	7,60	41,48	28,63
DQO (mg/L)	6,84	9,80	4,82
Nitrito (mg/L)	0,00	0,02	0,00
Nitrato (mg/L)	0,13	0,44	0,56
Sulfatos (mg/L)	1,01	5,02	3,04
SST (mg/L)	0,95	2,85	1,70

Fonte: Gonçalves et al (2006).

Todas as variáveis analisadas tiveram seus valores aumentados após passar pela superfície de captação, e a maioria dos valores reduziu quando se descartou as primeiras águas e se tratou com filtro de areia, o que mais uma vez confirma a importância do descarte das primeiras águas para a qualidade da água armazenada em cisterna.

III.4-Tecnologia para Proteção Sanitária de Cisternas

Para que se tenha um sistema de captação de água de chuva adequado, algumas barreiras físicas de proteção sanitária devem ser incorporadas. Esta proteção sanitária pode ser através do desvio e descarte das primeiras águas ou através da remoção das impurezas na própria linha de fluxo.

A manutenção adequada do sistema também é de fundamental importância para a qualidade da água da cisterna. Esta manutenção consiste em dar as descargas no reservatório de desvio das primeiras águas (ou a limpeza das grades e telas), inspeção e limpeza periódica da área de captação, das calhas, das tubulações e da cisterna.

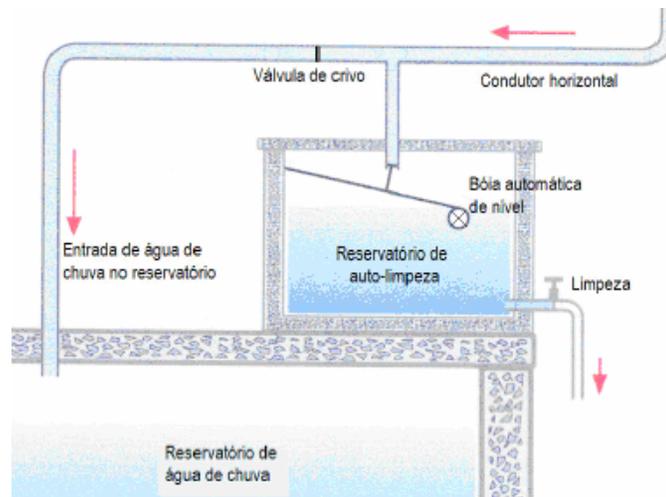
Em casos menos exigentes podem ser utilizadas grades ou peneiras auto-limpantes como barreira física de proteção sanitária antes do armazenamento, esta forma desperdiça pouca água e remove as sujeiras da linha de fluxo, porém são relativamente caras e necessitam de manutenção constante para que as impurezas retidas nestas peneiras não liberem substâncias para o fluxo d'água. Outras formas de barreira física para a remoção de impurezas na linha de fluxo são os filtros de tela não auto-limpantes e filtros de areia, que não são muito eficientes nem seguros do ponto de vista sanitário, uma vez que as impurezas se acumulam na linha de fluxo podendo ser dissolvidas levando a contaminar a água da cisterna ou podendo interromper este fluxo, causando grande perda d'água.

A forma mais segura e eficiente de proteção sanitária antes do armazenamento é utilizando dispositivo automático de desvio e descarte das primeiras águas de cada chuva, que lavam a atmosfera e a superfície de captação (ANDRADE NETO, 2004).

Várias fontes bibliográficas como Dacach (1990), Gould e Nissen-Petersen (2002), Vidal (2002), Martinson e Thomas (2003), entre outros, apresentam diversos tipos de dispositivos para proteção sanitária de cisternas, que incluem: grades ou peneiras auto-limpantes; reservatório de descarte das primeiras águas; filtros telados, filtros com centrifugação; filtros de areia externos ou internos; dispositivos com sensores de qualidade da água com comandos eletrônicos, entre uma infinidade de outras formas com custo e complexidade bem variável.

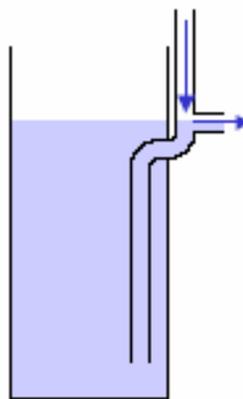
Alguns exemplos que podem ser destacados são:

Os reservatório de auto-limpeza com torneira de bóia de Dacach (1990) Figura 5, ou um sistema com reservatório de descarte das primeiras águas da chuva mais simplificado como o de Martinson e Thomas (2003), apresentado na Figura 6:



Fonte: DACACH (1990).

FIGURA 5: Reservatório de descarte das primeiras águas com bóia.



Fonte: MARTINSON e THOMAS (2003).

FIGURA 6: Reservatório de descarte das primeiras águas.

Alguns equipamentos para o sistema de captação de água que são fabricados e vendidos no Brasil. Como o Filtro 3P Rainus (Figura 7), da Technik, que é instalado no tubo de descida e separa as impurezas grosseiras da água, lançando-as para fora do fluxo d'água.



Fonte: 3P Technik do Brasil Ltda.

FIGURA 7: Filtro 3P Rainus, da Technik.

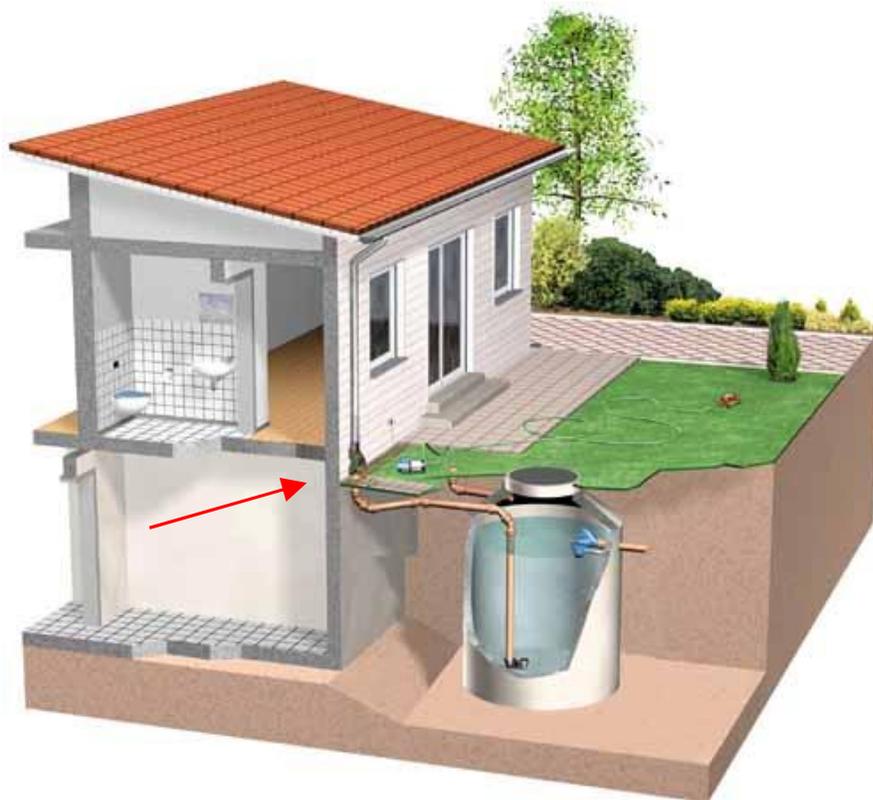
Outro filtro da 3P Technik é o VF1 (Figura 8) onde ele também é instalado na linha de fluxo onde ocorre a separação dos detritos como folhas e galhos. Em seguida a água que sai do filtro é lançada no reservatório.

Um exemplo de utilização do filtro pode ser observado na Figura 9.



Fonte: 3P Technik do Brasil Ltda.

FIGURA 8: Filtro VF1, da Technik.

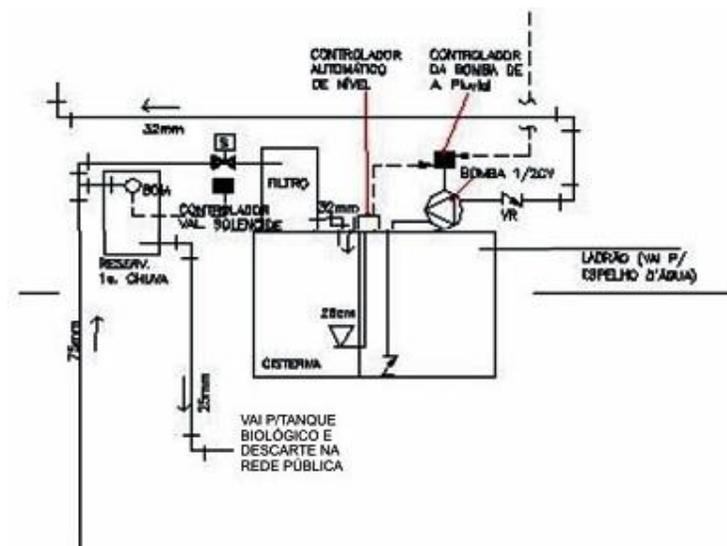


Fonte: 3P Technik do Brasil Ltda.

FIGURA 9: Sistema de captação e armazenamento com filtro na linha de fluxo.

A Eletrosul (Eletrosul Centrais Elétricas S.A.) e a Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) em parceria com a UFSC, estão realizando projeto de uma residência unifamiliar eficiente, buscando soluções eficientes no âmbito da construção civil, visando o uso racional de energia. Com isso, se preocupam também com estratégias para o uso eficiente da água como: aproveitamento da água de chuva, reúso de águas e utilização de equipamentos que proporcionam baixo consumo de água.

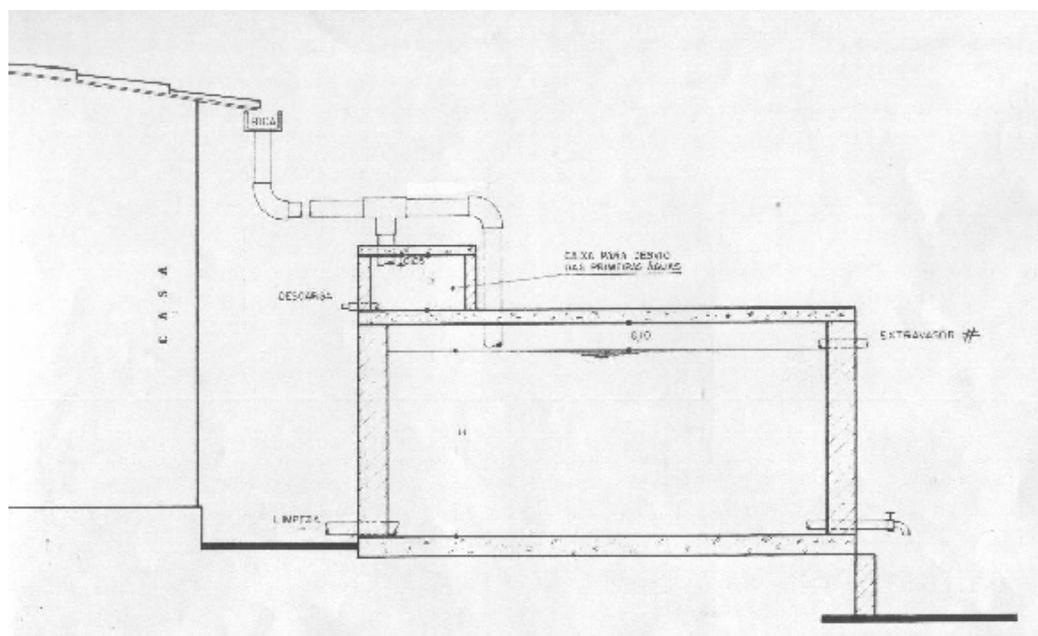
Para o aproveitamento da água de chuva eles utilizam o reservatório de acúmulo das primeiras águas e filtro, antes da água chegar na cisterna, como mostra a Figura 10.



Fonte: ELETROSUL *et al.* Acesso em 12 de maio de 2007.

FIGURA 10: Sistema de captação e armazenamento com reservatório de acumulo das primeiras águas e filtro.

Porém, na maioria dos casos, não se faz necessário a aquisição de aparelhos industrializados que normalmente tem custo mais elevado do que algumas soluções de desvio e descarte das primeiras águas da chuva como a solução apresentada na Figura 11.



Fonte ANDRADE NETO (2004).

FIGURA 11: Dispositivo para desvio automático das primeiras águas das chuvas.

Nesta solução, após a captação, as primeiras águas de cada chuva são desviadas automaticamente da linha de fluxo, para um pequeno tanque, simplesmente através de um “Tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna. Como este tanque permanece fechado, a água menos pura, utilizada para a lavagem da atmosfera e da área de captação fica aprisionada, indo apenas a água de melhor qualidade para a cisterna.

O tanque deve ter volume de 1 a 2 litros para cada m² de área de captação, o que corresponde a uma pequena parcela da chuva, e essa água desviada pode ser empregada em usos menos exigentes.

Após o término da chuva o tanque de desvio deve ser esvaziado, através da tubulação de descarga, que deve ser novamente fechada acionando o dispositivo automático para a próxima chuva.

Para se ter uma boa qualidade da água armazenada em cisternas deve-se atentar para algumas técnicas de proteção sanitária relativamente simples. Basicamente requer o desvio das primeiras águas das chuvas; a cobertura do tanque; a tomada de água por tubulação, sem que os usuários entrem em contato com a água armazenada; e manejo e manutenção do sistema de forma adequada (ANDRADE NETO, 2004).

III.5- A Precipitação

A precipitação é o processo pelo qual a água vinda do meio atmosférico atinge a superfície da terra, podendo ela se apresentar como chuva, neblina, orvalho, saraiva, geada, granizo ou neve, diferenciadas, umas das outras, através da análise do estado em que a água se encontra.

III.5.1- Formação da Precipitação

As precipitações se originam de nuvens formadas pelo resfriamento por expansão adiabática de massas de ar que se eleva, na atmosfera (TUBELIS e NASCIMENTO, 1989).

Na atmosfera, além do vapor de água e dos gases que a compõem, também estão presentes partículas de origens variadas e de dimensões muito pequenas, entre 0,01 e 1 micron de diâmetro. Em torno destas partículas, que funcionam como núcleos de condensação do vapor d'água, gotículas de água se formam, e com a evolução e união delas surgem as nuvens.

Estas partículas podem ser de origem química, orgânica, argilosa ou de sais marinhos. Segundo Tucci (1993), os núcleos mais ativos são: as partículas de sal procedente do mar, cristais de gelo, e as partículas originadas em combustões contendo os ácidos nítricos e sulfúricos.

Para que as nuvens provoquem precipitação, se faz necessário que o peso das gotas seja superior às forças que a mantêm em suspensão, portanto, uma nuvem pode ou não provocar chuva, dependendo do grau de crescimento das suas gotículas.

O crescimento destas gotículas se dá em dois estágios. Inicialmente pela difusão do vapor de água em volta da superfície da partícula sobre a qual se condensa, até que, a partir de um determinado diâmetro, o seu crescimento se dá através da colisão e junção de gotas.

III.5.2- Classificação das Precipitações

As precipitações, levando em conta o mecanismo de elevação da massa de ar que a provoca, podem ser classificadas em 3 tipos, cada tipo tem suas particularidades de intensidade, duração e movimentação horizontal que influenciam na dispersão e/ou transporte dos poluentes e na velocidade da lavagem da atmosfera.

III.5.2.1- Convectiva:

A convecção térmica das massas de ar ocorre em consequência ao balanço positivo da radiação. As diferentes características e propriedades físicas das camadas superficiais do solo geram, sobre elas, diferença no balanço de radiação e de sua partição. Quanto maior for o aquecimento do ar, menor sua densidade em relação as massa circunvizinhas, pr ovocando assim um processo ascensional.

Esta massa de ar que se eleva resfria por expansão adiabática e, se a ascensão for bastante para que as células de convecção atinjam o nível de condensação, ocorre a formação de nuvem, e com o seu desenvolvimento pr ovoca a precipitação.

Esta movimentação vertical da massa de ar depende diretamente da instabilidade atmosférica, sendo característica de regiões equatoriais, onde os ventos têm pouca força e os movimentos das massas de ar são essencialmente verticais. Também podem ocorrer em regiões de clima temperado durante o verão.

Para este tipo de precipitação, como as movimentações são essencialmente verticais, os poluentes encontrados na água da chuva são provenientes da própria área em que ela ocorre, podendo ter maior ou menor intensidade dependendo da instabilidade atmosférica local.

III.5.2.2- Orográfica:

Quando a precipitação é originada de deslocamento vertical de massa de ar provocada por barreira física (relevo), ela denomina -se “orográfica”.

Ventos quentes e úmidos que atuam sobre encostas de uma barreira montanhosa geram uma componente vertical que eleva esta massa de ar, fazendo com que ocorra o aumento de sua umidade relativa, podendo atingir a saturação, formando assim nuvens e possivelmente precipita ção.

Em contrapartida, do outro lado da barreira montanhosa, quando a massa de ar atravessa a elevação, ocorre uma descompressão formando uma componente descendente, e ao descer esta massa se comprime ocasionando o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar. Estas áreas normalmente são secas ou semi-áridas, e são denominadas de “sombra pluviométrica”.

Geralmente ocorrem em regiões litorâneas com o vento soprando do oceano para o continente. São precipitações de pequena intensidade, grande duração e que cobrem pequenas áreas.

Nas precipitações Orográficas normalmente encontram-se poluentes de contribuição oceânica como Cloretos e Sulfatos, e como tem pouca intensidade demoram mais tempo na lavagem da atmosfera.

III.5.2.3- Frontal ou Ciclônica:

São ocasionadas através da colisão entre massas de ar de diferentes densidades, sendo uma quente e úmida e a outra com baixas temperatura e umidade. Com o choque entre as massas, a de menor densidade se eleva bruscamente sofrendo uma expansão adiabática, aumentando assim a umidade relativa da massa de ar, podendo ocasionar precipitação.

Este tipo de precipitação tem grande duração, média intensidade e atinge grandes áreas. Podem causar cheias em grandes bacias e podem também vir acompanhadas de ventos fortes com circulação ciclônica.

Em locais onde ocorre este tipo de precipitação, o aproveitamento das águas pluviais além de servir como fonte de abastecimento de água, também é muito importante para a redução das águas de drenagem, minimizando os problemas com inundações.

III.5.3 Caracterização da Precipitação Pluviométrica da Cidade de Natal

A cidade de Natal não tem estações do ano bem definidas. As precipitações pluviométricas ocorrem durante todo o ano, tendo a maior concentração de chuva a partir do mês de Março e se intensifica em Junho (inverno), como mostra a Figura 12, para as médias mensais entre os anos de 1984 e 2006.

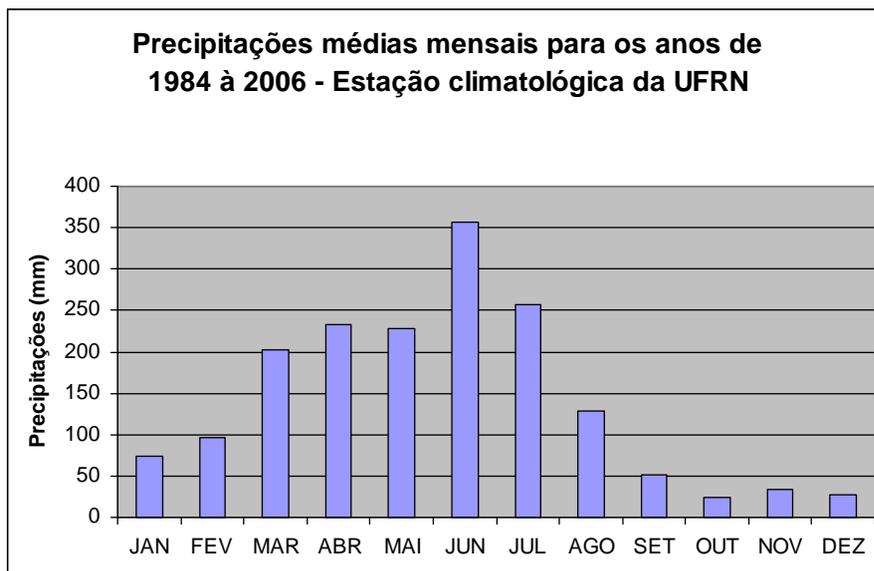


FIGURA 12: Gráfico das chuvas mensais das médias entre os anos 1984 a 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.

As coletas da água de chuva para as análises do presente trabalho ocorreram no ano de 2006, cujas precipitações mensais podem ser observadas na Figura 13.

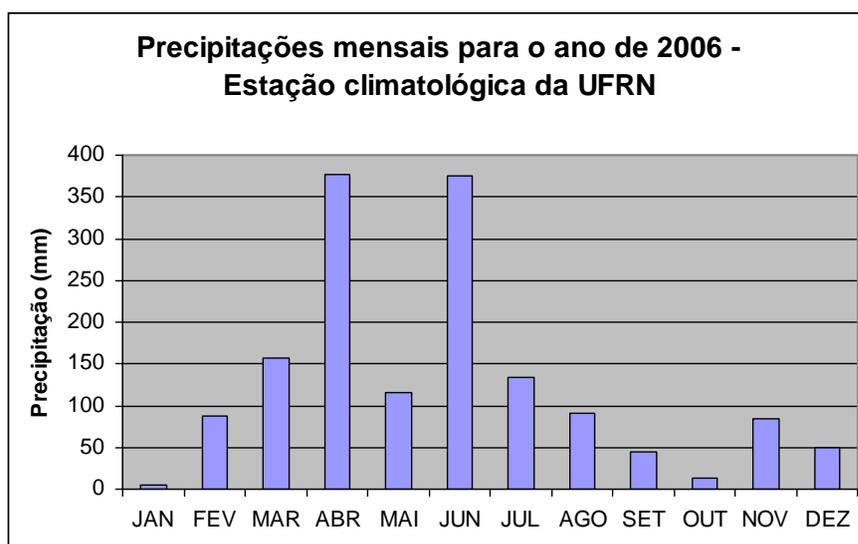


FIGURA 13: Gráfico das chuvas mensais durante o ano de 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.

A Estação Climatológica Principal da UFRN iniciou o registro da sua série de dados de precipitação, de forma contínua, no ano de 1984. Para o período de 1984 a 2006 de acordo com a Estação Climatológica Principal da UFRN, a média anual de precipitação foi de 1697,1 milímetros (Tabela 7).

TABELA 7: Valores das precipitações entre os anos de 1984 e 2006, obtidos na Estação Climatológica Principal da UFRN.

PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS (mm)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1984	48,9	88,3	247,4	393,4	623,7	247,1	140,1	190,7	39,6	48,9	14,4	19,0	2.101,5
1985	144,3	256,1	352,5	177,3	354,0	191,6	394,8	181,3	127,6	1,4	19,9	23,3	2.224,1
1986	52,5	238,0	284,3	577,3	355,9	316,9	112,5	194,0	81,0	57,3	127,7	41,1	2.438,5
1987	26,4	76,9	246,8	280,9	87,0	349,3	281,7	36,7	50,8	20,7	15,5	5,4	1.478,1
1988	18,7	127,4	332,4	277,9	370,0	404,6	309,0	128,8	78,3	9,7	21,0	81,5	2.159,3
1989	38,9	35,1	70,3	341,2	137,3	88,8	102,9	121,9	50,5	39,5	24,4	104,5	1.155,3
1990	42,5	23,6	58,9	141,4	187,9	275,7	167,2	195,1	61,0	23,1	54,5	2,7	1.233,6
1991	27,1	16,4	106,1	306,5	304,9	234,6	143,5	73,4	9,4	24,4	45,5	6,8	1.298,6
1992	52,9	184,4	288,7	315,0	130,8	343,4	80,5	151,0	32,1	4,0	26,2	6,4	1.615,4
1993	21,6	29,4	84,8	227,8	39,9	164,9	129,6	35,8	10,1	61,9	15,5	36,9	858,2
1994	84,3	86,2	237,0	275,7	279,7	630,3	399,6	85,1	56,8	4,2	20,4	19,9	2.179,2
1995	24,6	60,6	277,6	237,4	392,3	254,4	408,3	34,8	21,6	4,2	41,3	0,4	1.757,5
1996	36,7	69,7	216,2	259,5	144,6	251,4	145,8	125,4	86,7	78,4	45,0	17,2	1.476,6
1997	13,3	72,8	159,6	256,2	339,0	77,3	79,7	124,2	5,1	3,0	2,7	55,8	1.188,7
1998	48,7	78,3	81,4	74,7	163,0	210,0	793,9	138,7	19,0	13,7	8,5	17,0	1.646,9
1999	12,6	143,8	139,2	175,8	289,5	131,5	31,3	49,8	51,1	14,5	5,4	66,9	1.111,4
2000	50,0	83,9	122,3	177,4	230,0	577,4	482,3	288,0	205,1	8,7	12,1	23,0	2.260,2
2001	30,1	6,8	133,8	360,9	14,4	373,6	145,2	104,4	28,4	13,7	17,1	50,2	1.278,6
2002	113,9	82,3	480,0	137,7	122,9	405,6	225,2	312,9	1,0	29,1	98,2	19,4	2.028,2
2003	83,7	184,0	317,8	133,4	230,8	244,3	201,6	49,6	41,6	21,6	16,1	22,5	1.547,0
2004	383,9	283,0	252,0	168,8	160,7	642,9	393,5	90,1	44,4	14,4	10,1	4,8	2.448,6
2005	2,0	36,4	186,2	144,0	548,3	762,3	115,2	134,6	43,9	31,6	1,2	10,4	2.016,1
2006	4,2	87,2	157,4	377,1	115,3	375,2	133,2	90,4	45,2	13,4	83,5	49,8	1.531,9
MÉDIA	59,2	102,2	210,1	252,9	244,4	328,4	235,5	127,7	51,8	23,5	31,6	29,8	1.697,1
Máxima	383,9	283,0	480,0	577,3	623,7	762,3	793,9	312,9	205,1	78,4	127,7	104,5	2.448,6
Minima	2,0	6,8	58,9	74,7	14,4	77,3	31,3	34,8	1,0	1,4	1,2	0,4	858,2

O comportamento das precipitações no decorrer dos anos, entre 1984 e 2006, vem se alterando devido a influências de fenômenos como o El Niño e a La Niña. Estas variações de volume das precipitações anuais entre os anos de 1984 e 2006, na Estações Climatológica Principal da UFRN podem ser observadas na Figura 14.

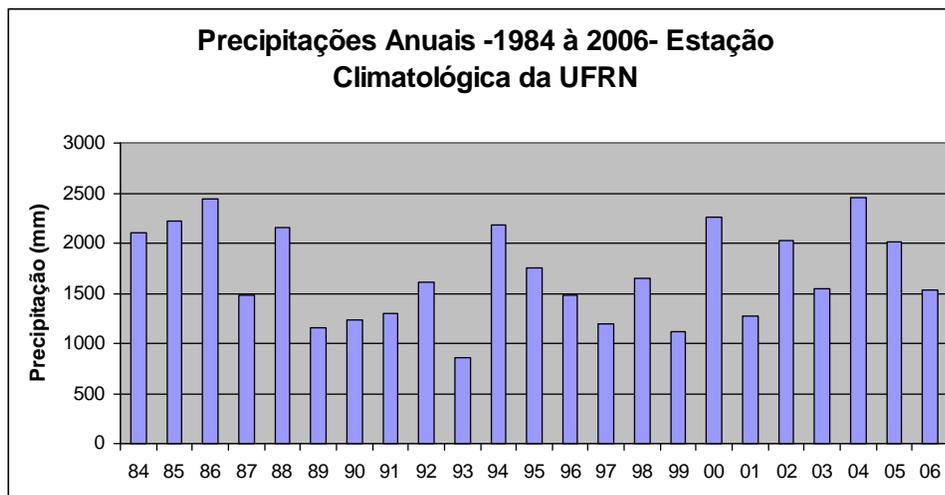


FIGURA 14: Gráfico das precipitações anuais de 1984 a 2006, na Estação Climatológica Principal da UFRN.

III.6-Poluição Atmosférica

A atmosfera terrestre representa uma delgada capa, ao redor da terra, de uma mistura de gases, vapor d'água, partículas, seres vivos e gotículas. Ela não tem limite superior bem definido e sua densidade vai diminuindo com a altura em relação ao solo. Segundo Varejão-Silva (2001), a atmosfera é composta de 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio e 1% de outros gases, além de vapor d'água, pólen, microorganismos e partículas sólidas e líquidas, transportadas pelo vento, podendo ser provenientes de materiais do solo, da vegetação, do mar ou de atividades antrópicas, com indústrias ou escapamento de automóveis.

Além do uso principal e básico do ar para manter a vida na terra através de sua utilização metabólica pelos animais e vegetais, ele também é utilizado para: transporte, comunicação, recepção e transporte de resíduos da atividade humana, processos industriais e combustão.

Segundo Benn e McAuliffe (1981), cinco compostos significam mais de 90% do problema da contaminação atmosférica em um meio urbano, são eles: monóxidos de carbono (CO); óxidos de nitrogênio (NOx); hidrocarbonetos (HC); Óxidos de enxofre (SOx); Material Particulado.

Alguns perigos podem estar presentes na atmosfera de zonas urbanas , como metais pesados, em áreas de densidade de tráfego alta ou na redondeza de indústrias; e substâncias orgânicas, como organoclorados e organofosfatados, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas , quando em altas concentrações (ANDRADE NETO ,2003-A).

III.6.1 - Classificação dos Poluentes

Os poluentes podem ser classificados quanto a composição química (orgânicos ou inorgânicos); quanto a origem (primários ou secundários); e quanto ao seu estado físico (partículas sólidas ou líquidas, gases ou vapores).

III.6.1.1 - Sólido:

a) Poeiras: são partículas sólidas produzidas por manipulação, esmagamento, trituração, impacto rápido, explosão e desintegração de substâncias orgânicas ou inorgânicas, tais como rochas, minérios, metais, madeira ou cereais.

b) Fumos: são partículas sólidas resultantes da condensação ou sublimação de gases, geralmente após volatilização de metais fundidos (substâncias que são sólidas à temperatura normal) que se acompanha amiúde de reação química, como oxidação.

Observação: Fumaça é o fumo resultante da combustão incompleta de materiais orgânicos (combustíveis em geral).

III.6.1.2 - Líquido:

a) Névoas: são gotículas líquidas em suspensão, produzidas pela condensação de gases ou pela passagem de um líquido a estado de dispersão, por respingo, formação de espumas ou atomização.

III.6.1.3 - Gasoso:

a) Vapor: é a forma gasosa de substâncias normalmente sólidas ou líquidas (a 25°C e 760 mm Hg), que podem voltar a estes estados devido ao aumento de pressão, e/ou por diminuição de temperatura. Os vapores são substâncias que existem no estado sólido ou líquido nas condições usuais do ambiente.

b) Gases: são normalmente fluídos sem forma que ocupam o espaço que os contém e só podem liquefazer-se ou solidificar-se sob a ação combinada de aumento de pressão e diminuição de temperatura. Em outras palavras, os gases verdadeiros não estão presentes na forma líquida ou sólida nas condições usuais do ambiente em termos de temperatura e pressão.

III.6.2 - Formação do Material Particulado

A maneira como é formada a partícula está diretamente ligada a sua composição. Existem quatro mecanismos de formação do material particulado, são eles: o atrito físico, combustão parcial, formação de núcleos de partículas a partir de vapores, e suspensão de sólidos junto a evaporação de líquidos.

III.6.2.1 - Atrito Físico:

Ocorre quando duas superfícies entram em contato estando elas em movimento uma em relação à outra. A composição e densidade destas partículas são idênticas ao seu material de origem e suas dimensões variam de 10 a 1000 micrômetros.

III.6.2.2 - Combustão Parcial:

Ocorre quando o material entra em combustão, mas não é totalmente queimado, liberando algumas partículas para a atmosfera. Tem dimensões de 1 a 100 micrômetros.

III.6.2.3 - Formação de núcleos de partículas a partir de vapores :

Ocorre com a agregação de micro partículas a esses vapores. Tem dimensões entre 0,1 e 1,0 micrometro.

III.6.2.4 - Suspensão de sólidos junto à evaporação de líquidos :

As águas contendo sólidos quando aquecidas evaporam levando junto com vapores algumas partículas destes sólidos.

III.6.3-Chuva Ácida

O termo “chuva ácida” corresponde a precipitação de componentes ácidos que conferem pH inferior a 5,60 para a água, podendo estar na forma de chuva, neve ou neblina.

As chuvas ácidas podem ocorrer em locais distantes das fontes poluidoras, pois as nuvens conseguem viajar quilômetros.

Os primeiros casos relatados de indicação de chuva ácida foram amostras de gelo de 1900, na Groelândia, com a presença de sulfatos e nitratos. O primeiro a utilizar o termo “chuva ácida” foi o químico e climatologista inglês Robert Angus Smith, em 1872, para descrever a precipitação ácida logo após a Revolução Industrial em Manchester (PROGRAMA EDUCAR, acesso em 17 de maio de 2007).

A água da chuva naturalmente sofre tendência a ter características ácidas, devido à pequena quantidade de dióxido de carbono (CO_2) expelida pela respiração dos seres vivos e dissolvida na atmosfera, atingindo um pH próximo a 5,6. Este gás carbônico é consumido, em parte, pelos vegetais, plâncton e fitoplâncton e o restante permanece na atmosfera e dissolve-se nas nuvens e na chuva formando o ácido carbônico (H_2CO_3). Entretanto, valores de pH inferiores a 5,6 indicam que a chuva encontra-se poluída, com concentrações mais fortes de CO_2 ou por ácidos mais fortes como: o ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3) e, eventualmente, por outros tipos de ácidos como: o ácido clorídrico, ácido fluorídrico e os ácidos orgânicos.

Quando não é de causa natural, a chuva ácida é provocada principalmente por automóveis e indústrias (em processos de produção de energia, fabricação de fertilizantes, aquecimento de minérios, fabricação de celulose, etc.) que queimam combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, poluindo a atmosfera.

A água de chuva também pode se acidificar por emissões naturais provenientes da atividade geotérmica (vulcões e fontes termais) ou da queima de

biomassa, e através de processos metabólicos em algas, fitoplânctons e em algumas plantas presentes em ambientes marinhos, costeiros e continentais, com o pântanos e manguezais, que são fontes de liberação de compostos ácidos para a atmosfera.

A chuva ácida pode causar vários danos ao homem e ao meio. Ela pode causar alguns impactos diretos ao homem com prejudicar a saúde ou provocar reflexos em atividades econômicas, turísticas e recreativas. Podendo causar prejuízos ao abastecimento de água, através da contaminação das águas superficiais e subterrâneas por ácidos; problemas de saúde causados pela liberação de metais tóxicos presentes nos solos, uma vez que a redução do pH aumenta a solubilidade do alumínio e de metais pesados como o cádmio, zinco, chumbo e mercúrio, que podem ser carregados para algum manancial e chegar ao homem através da água ou da carne de peixes; entre outros.

A chuva ácida também causa danos a construções como prédios, casas e monumentos históricos, onde ela ajuda a corroer os materiais usados. Dentre alguns monumentos históricos, famosos mundialmente, que além de sofrer com a ação do tempo também sofrem com as chuvas ácidas, podemos citar: Acrópole, em Atenas; Coliseu, em Roma; o Taj Mahal, na Índia; a catedral de Notre Dame, em Paris (POLI, acesso em 15 de Maio de 2007).

Para o meio ambiente, provoca vários danos como: a redução de grupos de zooplâncton, algas e plantas aquáticas, provocando desequilíbrio ecológico; os lagos podem ficar acidificados e/ou contaminados com metais tóxicos podendo até perder sua vida.

Para a vegetação, a chuva ácida pode causar perturbações nos estômatos das folhas das árvores causando um aumento de transpiração e deixando a árvore deficiente em água, a chuva ácida pode acidificar o solo, danificar raízes, diminuir a quantidade de nutrientes do solo, e influenciam nos processos de decomposição e nitrificação. Com isso ocorrem desmatamentos e prejuízos na agricultura como amarelamento das folhas, desfolhamento prematuro, diminuição do crescimento e da produtividade, e até a morte das plantas.

Os problemas com a chuva ácida podem ser evitados através da conservação de energia, queimando menos combustíveis fósseis com a utilização de transportes

coletivos, diminuindo a quantidade de fontes poluidoras, e dando preferência para os transportes menos poluidores como o Metrô.

Ela também pode ser evitada através da utilização de fontes de energia menos poluentes e que não queimem combustíveis fósseis, através da implantação de filtros nos escapamentos e chaminés e, quando for o caso, utilização de combustíveis com baixo teor de enxofre.

O problema da acidificação está se tornando uma das maiores preocupações dos grandes centros urbanos e industriais em regiões da Europa, Estados Unidos e Canadá, podendo existir em qualquer parte do mundo, como já ocorre em algumas regiões do Brasil.

III.7- Legislação e Normas Relativas a Qualidade da Água

Ainda não existe no Brasil legislação de âmbito nacional ou norma para a água de chuva. No entanto, a avaliação qualitativa desta água pode ser realizada através dos parâmetros encontrados na portaria Nº 518 do Ministério da Saúde relativa ao padrão de potabilidade da água, e na resolução Nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) relativa a classificação dos corpos d'água.

III.7.1 – Portaria N º 518 do Ministério da Saúde

PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

CAPÍTULO IV
DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art.14. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela 8, a seguir:

TABELA 8: Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercurio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 9, a seguir:

TABELA 9: Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).

(3) Critério de referência

(4) Unidade de turbidez.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez .

III.7.2 – Resolução N º 357 do CONAMA

RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CAPÍTULO II DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º - As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º - As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas ; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe Especial:

Art. 13º - Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

CAPÍTULO III DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção II Das Águas Doces

Art. 14º - As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA No 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e
- m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA 10: Padrão de Qualidade da Água – Classe 1 – Água Doce

PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn

IV. MATERIAL E MÉTODOS

Para que se possa qualificar a água de chuva, traçando sua curva de purificação em relação ao volume precipitado no decorrer do tempo (medido em milímetro de chuva), faz-se necessária a coleta desta água em porções separadas de volumes definidos, desde o início da precipitação.

De acordo com o gráfico de Fendrich e Oliynik (2002), Figura 2, estima-se que durante os primeiros 10 milímetros de precipitação acontece a grande redução das impurezas trazidas pela água de chuva, ocorrendo a lavagem da atmosfera. Portanto, o presente trabalho analisa os primeiros 10 milímetros de chuva, sendo uma amostra para cada milímetro, totalizando 10 amostras em cada medição. Através destes 10 valores obtidos para cada variável montam-se os gráficos da variação da qualidade da água de chuva.

IV.1-Pontos de Coleta

A cidade de Natal possui atmosfera com características diferentes ao longo do seu território. Para que se possa dar um diagnóstico preliminar da cidade são necessárias coletas em pontos distintos. Para isso, foram escolhidos três pontos diferentes na cidade (Figura 15).

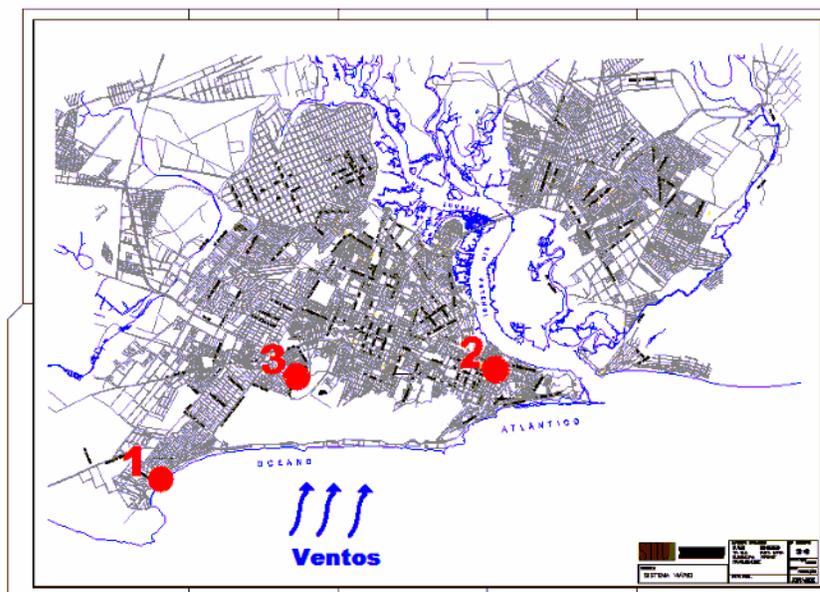


FIGURA 15: Mapa da cidade de Natal com indicação dos pontos de coleta e da direção dos ventos dominantes.

O primeiro ponto (ponto 1 na Figura 15) localizou-se em imóvel situado na Avenida Erivan França, nº18, Ponta Negra, no prédio da AAA Imóveis (Figura 16), sem que haja nenhum outro imóvel ou barreira física entre o amostrador e o mar. O amostrador foi instalado sobre o telhado da parte posterior do imóvel, a uma altura de aproximadamente 8,0 metros em relação a Av. Erivan França, estando posicionado a menos de 90 metros do mar, com Coordenadas Geográficas (UTM): N=9349422; E=259625, utilizando o Datum SAD 69. Este ponto foi utilizado para analisar a contribuição marítima com as impurezas atmosféricas, uma vez que a região tem fortes ventos vindos do oceano que carregam as substâncias em suspensão sobre o oceano para o continente, apresentando características específicas para esta região.



FIGURA 16: Prédio da “AAA Imóveis”, ponto de coleta nº 1.

O segundo ponto (ponto 2 na Figura 15) correspondeu a imóvel situado na Rua Princesa Isabel, nº477, Cidade Alta, no prédio da “A Graciosa Floricultura” (Figura 17), com Coordenadas Geográficas (UTM): N= 9360168; E=255836. Esta área tem a maior concentração imobiliária da cidade, caracterizada como zona comercial, com imóveis colados uns aos outros, com ruas estreitas e em sua maioria asfaltadas, provocando grande concentração populacional e tráfego intenso de automóveis, o que leva a crer que, provavelmente, é uma das áreas da cidade com maior poluição atmosférica. O amostrador foi instalado sobre a cobertura do prédio a aproximadamente 10,0 metros de altura em relação à rua.



FIGURA 17: Prédio da “A Graciosa Floricultura”, ponto de coleta n° 2.

O terceiro ponto foi localizado no Campus Universitário da UFRN (ponto 3 na Figura 15), no prédio do LARHISA (Figura 18), com Coordenadas Geográficas (UTM): N=9353768; E=256670. Esta região tem baixa ocupação do solo, muita área verde, baixa densidade populacional, fica parte do dia quase desabitada e tem pouco tráfego de automóveis em seu interior. Os ventos que chegam ao Campus são vindos do Parque das Dunas, que é uma área de mata preservada e que serve de barreira física para a contribuição marítima. Portanto, é uma área com características de baixíssima poluição em uma região localizada dentro da cidade de Natal. Para este ponto de coleta o Amostrador foi instalado na área lateral ao prédio, ficando o coletor a uma altura de 1,3 metro em relação ao solo.



FIGURA 18: Prédio do “LARHISA”, ponto de coleta n° 3.

IV.2-Amostrador

As coletas foram realizadas através de amostrador idealizado, testado e construído especialmente para o trabalho, com coletor em chapa de aço galvanizado e tubulação em PVC, como mostra a Figura 19.



FIGURA 19: Vista do Amostrador

Para a confecção do Amostrador materiais como PVC, aço galvanizado e vidro foram testados. Porém, as peças de vidro foram descartadas por apresentar problemas com a vedação e porque a disponibilidade deste material, a baixos custos, tem formas e volumes bastante restritos.

A chapa em aço galvanizado e os tubos e conexões em PVC (de água fria e de esgoto) foram testados de forma qualitativa para verificar se agregava ou não alguma substância a água.

O funil de coleta utilizado tem as seguintes características: funil em chapa de aço galvanizado com 2 milímetros de espessura, dobrada, soldada e pintada com tinta óleo na cor verde. Como o contato da água com o funil durante a coleta é praticamente instantâneo, ele foi testado, já em sua configuração final, para as variáveis pH, Condutividade Elétrica e Turbidez, utilizando água de torneira em contato com o funil por 10 segundos, após passar pelo caminho natural de fluxo de funcionamento do equipamento, e comparado para as mesmas variáveis com a

mesma água de torneira, antes de entrar em contato com o funil. O Funil se mostrou inerte em todas as cinco repetições do teste.

Para as tubulações e conexões em PVC, tanto da linha para esgoto quanto da linha para água fria, também foram testadas as variáveis Condutividade Elétrica, pH e Turbidez. Os testes foram realizados com tubos de 25 centímetros de comprimento, vedados em uma das extremidades por Cap colado com solda de PVC, e na outra, coberto com papel filme de plástico sem que este entrasse em contato com a água. Para o PVC a duração do armazenamento da água foi de duas horas e meia, e comparadas da mesma forma que o funil, e também se mostrou inerte para todas as três repetições do teste.

A coleta da amostra se inicia através da captação da água de chuva pelo funil de coleta com a “boca” em seção circular de 50 centímetros de diâmetro. Esta dimensão foi escolhida para que fosse possível obter aproximadamente 200 mililitros de amostra para cada milímetro de chuva.

Depois que a água é captada ela segue em tubulação de PVC soldável, utilizado normalmente para instalações de água fria, com diâmetro de 1 polegada. O espaçamento entre os armazenadores de amostras é de 20 centímetros. Tanto o diâmetro da tubulação quanto os espaçamentos foram definidos de forma a evitar que a água passasse para o segundo armazenador antes de encher o primeiro, e assim sucessivamente. Tubulação de menor diâmetro foi testada e não oferecia segurança quanto ao processo de enchimento sucessivo dos armazenadores.

Quando a água chega na tubulação, ela começa a encher o primeiro armazenador, sem passar para o posterior antes que o primeiro esteja totalmente preenchido. Desta forma cada milímetro de chuva fica armazenado separadamente. Com isso, o sistema funciona de forma automática, enchendo um por um dos armazenadores, até que se tenha coletado os primeiros dez milímetros de chuva. Depois disso, toda a água que entrar no amostrador é descartada pelo extravasor. O amostrador, na sua configuração final, foi testado várias vezes e em nenhuma apresentou problemas.

Os armazenadores são confeccionados com tubos de PVC normalmente utilizados em instalações de esgoto, com diâmetro de 50 milímetros. São vedados por Caps dos dois lados, sendo o de cima perfurado pela tubulação de 1 polegada

que passa um pouco para dentro do armazenador, para evitar que as impurezas flitem e sejam carregadas para fora, como mostra a Figura 20. Tem altura calculada para que se tenha aproximadamente 200 mililitros, que representa 1 milímetro de chuva para a dimensão do funil utilizado.

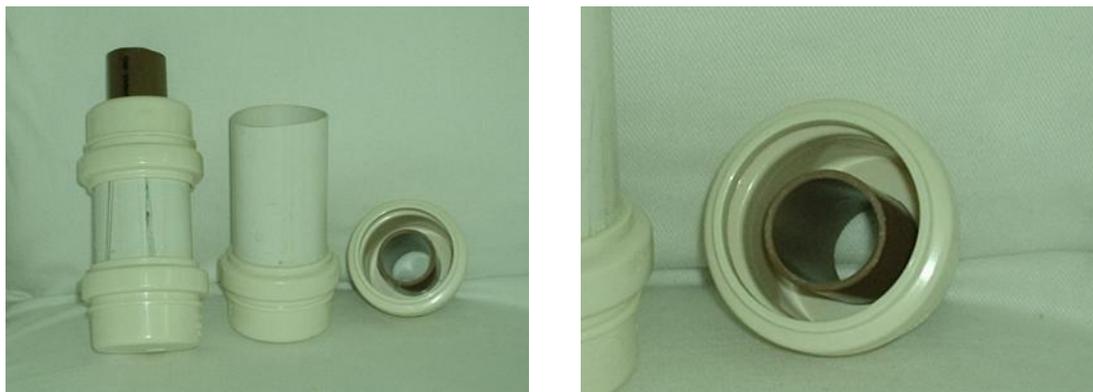


FIGURA 20: Armazenadores das amostras

Na Figura 19 se vê o amostrador concebido e construído em sua forma final, para o presente trabalho. Porém, de acordo com as necessidades: o diâmetro do funil pode ser alterado para que na mesma quantidade de milímetros de chuva se tenha um maior ou menor volume de água (dependendo da quantidade necessária para as análises); pode-se também aumentar ou diminuir a quantidade de armazenadores, para modificar a extensão da série; e pode-se modificar o volume dos armazenadores, variando a altura do tubo, para ter dados com um espaçamento, em mm de chuva, maior ou menor.

O amostrador deve ser instalado preferencialmente longe do solo, devido a possíveis interferências. Na instalação também devem ser obedecidas as mesmas recomendações de distâncias laterais que se utiliza para um pluviômetro.

O equipamento deve ser esvaziado, de forma manual, a cada chuva, para que não se tenha interferência de outras chuvas na mesma série. Ele deve ser vistoriado e limpo diariamente, de preferência com a própria água da chuva (caso tenha ficado armazenada no amostrador) ou água destilada, para não ocorrer interferências de microorganismos ou substâncias na qualidade da água armazenada.

IV.2.1 - Dimensionamento do Amostrador

Funil

Diâmetro =	0,50 m
Área =	0,196 m ²
Vol p/ 1 mm	196,35 ml

Amostrador

Para Tubo Esgoto 50 mm

DI = 45 mm =	0,045 m
Área =	0,00159043 m ²
Vol p/ 1 mm =	0,000196350 m ³

H =	0,12345679 m
H =	12,35 cm

A tubulação de 40 mm foi calculada e teria uma altura de 20,41 cm para o volume de 196,35 ml. Como os armazenadores feitos com tubulação deste diâmetro teriam menos estabilidade ao tombamento, foi escolhida a tubulação de 50 mm.

IV.3-Variáveis

Para a escolha das variáveis a serem analisadas no presente trabalho, buscou-se as que fossem mais adequadas e representativas do conjunto no que diz respeito a parâmetros físicos e químicos.

Em relação aos parâmetros físicos podem ser feitas as seguintes ponderações:

- O sabor e o odor são parâmetros relativos a sensação provocada por algum ou alguns outros parâmetros e não tem mensuração precisa, não podendo ser traçada a curva de decaimento, portanto não pode ser considerado representativo para o presente trabalho;

- A temperatura, quando considerada a água de chuva, não é muito representativa pois ela segue os mesmos valores que a atmosfera, sem variações significativas relativas a purificação;

- A cor verdadeira, para água de chuva, não é representativo pois os materiais dissolvidos nesta água são, na sua grande maioria, incolores;

- Por fim, a **turbidez** foi considerada representativa, uma vez que: tem valores mensuráveis para água de chuva; devido a relativa proximidade das coletas com o solo, a qualidade da água tem interferência da poeira, que pode ser erguida levando com ela microorganismos e outras impurezas para a atmosfera; por ser de muito importante análise considerando a possibilidade de utilização da água de chuva após desinfecção, já que os sólidos suspensos podem servir de abrigo para microorganismos, e dificultam esta desinfecção; e pelo fato de que com o passar da chuva ela é “lavada” da atmosfera podendo portanto ser representada através de um gráfico de purificação.

Em relação aos parâmetros químicos podem ser feitas as seguintes ponderações:

- O oxigênio dissolvido para a água de chuva está normalmente em seus valores de saturação, considerando a grande área de contato com a atmosfera por parte das gotas de chuva e pela aeração provocada pelo impacto da gota com a superfície de captação;

- A matéria orgânica tem valores muito pequenos para a água de chuva e as técnicas de qualificação mais utilizadas são as indiretas (DBO e DQO) que tem baixa precisão.

- O **pH** além de ser de importante análise pelo que representa para as reações químicas e bioquímicas, também é de fundamental importância porque indica a presença de inúmeros sólidos e gases dissolvidos na água. O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Portanto, o pH foi considerado bastante representativo e foi analisado no presente trabalho.

- A **condutividade elétrica** indica a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionado com a presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água, representando portanto, a presença, em águas continentais, principalmente de íons como: o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos, e soluções de compostos inorgânicos

em geral que são normalmente bons condutores. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode ser estimado o teor de sais pela medida de condutividade de uma água, fazendo com que a análise deste parâmetro seja bastante representativa e sua curva de purificação com o passar de chuva possa representar de forma bem abrangente o comportamento de vários outros parâmetros.

Diante destas ponderações e considerando a exequibilidade das análises, devido a disponibilidade dos equipamentos de campo e do baixo custo, para todas as amostras foram analisados o pH, a condutividade elétrica e a turbidez, três séries para cada um dos três pontos.

Estas variáveis são consideradas suficientes para o presente trabalho, já que vão traçar a curva de decaimento das impurezas da água de chuva e também indicam a possibilidade de existência de contaminação da água analisada.

IV.4-Amostras

Como a chuva não é constante nem de fácil previsão, as análises não podem ser realizadas de forma programada e/ou com grandes séries, ao passo que não se pode ter uma grande quantidade de amostras com as mesmas condições, já que, no decorrer da temporada de chuva cada vez mais a atmosfera vai se purificando. Portanto, as análises foram feitas a partir do início da temporada de chuva (nos meses de Abril, Maio, Junho e Julho de 2006), para que se avalie a época de pior qualidade e maior disponibilidade de água.

Foram realizadas três coletas em cada local, totalizando 90 amostras com análise de pH, Turbidez e Condutividade Elétrica.

Para os valores obtidos, foi analisada a variância entre os pontos de coleta, para avaliar a diferença entre a qualidade da água em pontos distintos da cidade; foram realizadas correlações entre os parâmetros, para avaliar se os seus comportamentos, com o passar da chuva, são proporcionais ou não; e foram criadas também, curvas de tendência para tentar reproduzir a variação da qualidade da

água de chuva, e as regressões do tipo potência para todas as variáveis em todos os pontos de coleta.

IV.5-Equipamentos

Para as análises das amostras da água de chuva foram utilizados dois equipamentos, o Multifunção para medir o pH e a Condutividade Elétrica, e o Turbidímetro para medir a Turbidez.

IV.5.1 Multifunção Portátil (de campo)

O Multifunção utilizado foi o da marca HACH, Modelo SENSION 156 (Figura 21), que mede, além do pH e da Condutividade Elétrica, também o Oxigênio Dissolvido, Salinidade, Sólidos Totais Dissolvidos e Temperatura.



FIGURA 21: Foto do Multifunção Portátil, das soluções calibradoras para o pH (à esquerda) e da solução ácida KCl (à direita).

Antes de todas as séries de análises foram realizadas calibrações do equipamento, para medição de pH, com as três soluções do lado esquerdo superior da Figura 21 e foi feita também a limpeza da membrana de medição da

Condutividade Elétrica com a solução ácida de Cloreto de Potássio (KCl) do lado direito do equipamento na Figura 21.

Com relação às medições de pH o equipamento pode ser regulado para uma das três precisões: 0,001; 0,01 e 0,1. Para o presente trabalho ele foi regulado para a precisão de 0,01. De acordo com o seu manual, o equipamento capta valores de pH a partir de 2,00.

Considerando as medidas de Condutividade Elétrica, o equipamento, para a ordem de grandeza das amostras analisadas, tem precisão de 0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O equipamento capta valores de Condutividade Elétrica no intervalo de 0,0 a 199,9 mS/cm.

IV.5.2 Turbidímetro Portátil (de campo)

O Turbidímetro utilizado foi o da marca DIGIMED, Modelo DM -C2 (Figura 22).



FIGURA 22: Foto do Turbidímetro Portátil, com sua maleta de campo e soluções calibradoras.

Este equipamento tem escala automática para 1,0 ; 0,1 ou 0,01 NTU, precisão relativa de 0,01% (fe) e capta valores de Turbidez no intervalo de 0 a 100,0 NTU.

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

V.1 – Cálculos Estatísticos

Para os cálculos estatísticos de variância e correlação foi utilizado o programa STATISTICA da StatSoft.

Já para a regressão, o programa STATISTICA foi testado, mas devido a incompatibilidade dos intervalos de abrangência para cada tipo de regressão com os dados coletados, optou-se por utilizar o programa EXCEL da Microsoft. A regressão que mais se enquadrou para todas as séries analisadas foi a Potência, com a equação do tipo: $y = a \cdot x^b$. Para a maioria dos casos, a curva de regressão do início da precipitação até o seu 2º milímetro não deve ser considerada representativa do comportamento da qualidade da água de chuva, pois existe uma grande redução dos valores entre os primeiros e os segundos milímetros, incompatível com a relação entre os demais milímetros das séries. Com isso a ferramenta utilizada não consegue representar essa passagem de forma satisfatória, porém, a partir do 2º milímetro a equação apresenta um bom ajuste, podendo, na maioria dos casos, ser considerada representativa.

Os dados completos de valores, datas e horários das medições de turbidez, Condutividade Elétrica e pH, encontram-se nas Tabelas de Medições em anexo.

V.1.1 – Valores das Medições e Médias

a) Condutividade Elétrica

TABELA 11: Quadro resumo das medições de Condutividade Elétrica.

Condutividade Elétrica (μS)												
Mm	Ponta Negra				Cidade Alta				Campus UFRN			
	5/5/06	10/5/06	27/5/06	Méd	13/6/06	16/6/06	19/6/06	Méd	28/6/06	11/7/06	27/7/06	Méd
1	51,00	44,40	59,30	51,57	48,30	49,90	63,50	53,90	17,68	34,30	17,10	23,03
2	22,40	13,52	13,36	16,43	17,67	27,30	29,00	24,66	15,24	29,10	15,93	20,09
3	23,20	15,62	15,87	18,23	17,33	37,50	26,60	27,14	13,40	34,20	20,60	22,73
4	16,69	13,11	10,96	13,59	16,51	29,60	22,60	22,90	11,13	25,20	12,86	16,40
5	16,35	10,10	13,90	13,45	16,14	36,10	20,60	24,28	11,23	29,30	13,45	17,99
6	16,47	10,01	8,68	11,72	24,10	25,60	19,25	22,98	13,26	24,20	13,07	16,84
7	17,83	9,32	8,85	12,00	15,23	22,90	20,20	19,44	14,66	23,80	12,76	17,07
8	16,81	-	10,32	13,57	15,59	21,60	20,20	19,13	12,45	22,20	11,83	15,49
9	17,20	-	9,14	13,17	15,04	21,00	19,70	18,58	12,65	24,50	11,22	16,12
10	15,93	-	11,09	13,51	14,54	22,10	19,00	18,55	9,82	24,20	11,16	15,06

Como podemos observar na Tabela 11, para Ponta Negra e para a Cidade Alta, a Condutividade Elétrica sofre uma grande redução a partir do 1º milímetro, fato que não ocorre no Campus Universitário da UFRN.

b) pH

TABELA 12: Quadro resumo das medições de pH.

pH												
Mm	Ponta Negra				Cidade Alta				Campus UFRN			
	5/5/06	10/5/06	27/5/06	Méd	13/6/06	16/6/06	19/6/06	Méd	28/6/06	11/7/06	27/7/06	Méd
1	7,60	7,79	7,11	7,50	7,27	6,61	6,22	6,70	6,26	6,57	5,73	6,19
2	7,64	7,65	7,00	7,43	6,75	6,24	6,27	6,42	6,65	6,55	5,18	6,13
3	6,61	6,97	6,62	6,73	6,48	6,21	6,21	6,30	6,58	6,57	5,30	6,15
4	6,16	6,78	6,63	6,52	6,28	6,16	6,20	6,21	6,07	6,63	5,35	6,02
5	6,04	6,33	6,20	6,19	6,14	6,16	6,22	6,17	6,08	6,12	5,33	5,84
6	5,94	6,15	6,22	6,10	6,08	6,18	6,18	6,15	5,89	6,53	5,41	5,94
7	5,89	5,88	6,20	5,99	6,14	6,20	6,18	6,17	5,84	6,55	5,66	6,02
8	5,90	-	6,17	6,04	6,06	6,16	6,15	6,12	5,83	6,14	5,74	5,90
9	5,88	-	6,20	6,04	6,04	6,14	6,15	6,11	5,88	6,14	5,64	5,89
10	5,92	-	6,14	6,03	6,07	6,16	6,13	6,12	5,82	6,17	5,58	5,86

Para o pH ocorre uma redução gradativa dos valores em todos os pontos de coleta, sendo ela, em Ponta Negra, mais acentuada entre o 2º e o 3º milímetro.

TABELA 13: Quadro resumo das medições de Turbidez.

Turbidez (UNT)												
Mm	Ponta Negra				Cidade Alta				Campus UFRN			
	5/5/06	10/5/06	27/5/06	Méd	13/6/06	16/6/06	19/6/06	Méd	28/6/06	11/7/06	27/7/06	Méd
1	0,59	0,73	0,59	0,64	0,29	0,45	0,43	0,39	0,58	0,36	0,83	0,59
2	0,49	0,41	0,43	0,44	0,33	0,24	0,25	0,27	0,78	0,31	0,66	0,58
3	0,47	0,40	0,38	0,42	0,29	0,39	0,22	0,30	0,60	0,33	0,39	0,44
4	0,45	0,37	0,33	0,38	0,29	0,30	0,23	0,27	0,59	0,32	0,41	0,44
5	0,47	0,46	0,41	0,45	0,28	0,34	0,23	0,28	0,51	0,33	0,39	0,41
6	0,53	0,49	0,29	0,44	0,28	0,33	0,19	0,27	0,76	0,34	0,43	0,51
7	0,44	0,26	0,28	0,33	0,27	0,22	0,21	0,23	0,76	0,36	0,38	0,50
8	0,43	-	0,30	0,37	0,27	0,32	0,20	0,26	0,63	0,30	0,36	0,43
9	0,43	-	0,27	0,35	0,33	0,25	0,25	0,28	0,66	0,32	0,34	0,44
10	0,40	-	0,28	0,34	0,32	0,23	0,20	0,25	0,57	0,33	0,37	0,42

Para a Turbidez ocorre uma redução gradativa dos valores em Ponta Negra , sendo ela mais acentuada entre o 1º e o 2º milímetro de chuva; redução entre o 1º e o 2º milímetro, seguida de valores oscilando para a maioria das séries na Cidade Alta; e redução gradativa nos primeiros dois milímetros, seguida de oscilação dos valores no Campus Universitário da UFRN , considerando sua média.

V.1.2 - Avaliação da Variância entre os Pontos de Coleta

a) Condutividade Elétrica

TABELA 14: Quadro das médias de Condutividade Elétrica.

Condutividade Elétrica (μS)				
mm	Ponta Negra	Cidade Alta	Campus UFRN	Média
1	51,57	53,90	23,03	42,83
2	16,43	24,66	20,09	20,39
3	18,23	27,14	22,73	22,70
4	13,59	22,90	16,40	17,63
5	13,45	24,28	17,99	18,57
6	11,72	22,98	16,84	17,18
7	12,00	19,44	17,07	16,17
8	13,57	19,13	15,49	16,06
9	13,17	18,58	16,12	15,96
10	13,51	18,55	15,06	15,71
Média	17,72	25,16	18,08	20,32

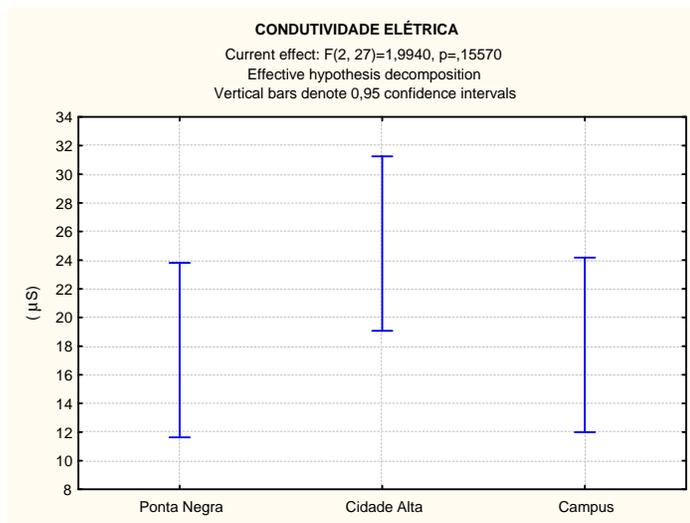


FIGURA 23: Gráfico da variância entre os pontos de coleta para a Condutividade Elétrica.

Através da reunião de todos os valores obtidos nas medições dos dez milímetros, e análise da variância entre os pontos de coleta, observa-se que a Cidade Alta apresenta os maiores valores de Condutividade Elétrica. Ponta Negra e o Campus Universitário da UFRN apresentam faixas de variâncias semelhantes para esta variável.

b) pH

TABELA 15: Quadro das médias de pH.

pH				
mm	Ponta Negra	Cidade Alta	Campus UFRN	Média
1	7,50	6,70	6,19	6,80
2	7,43	6,42	6,13	6,66
3	6,73	6,30	6,15	6,39
4	6,52	6,21	6,02	6,25
5	6,19	6,17	5,84	6,07
6	6,10	6,15	5,94	6,06
7	5,99	6,17	6,02	6,06
8	6,04	6,12	5,90	6,02
9	6,04	6,11	5,89	6,01
10	6,03	6,12	5,86	6,00
Média	6,46	6,25	5,99	6,23

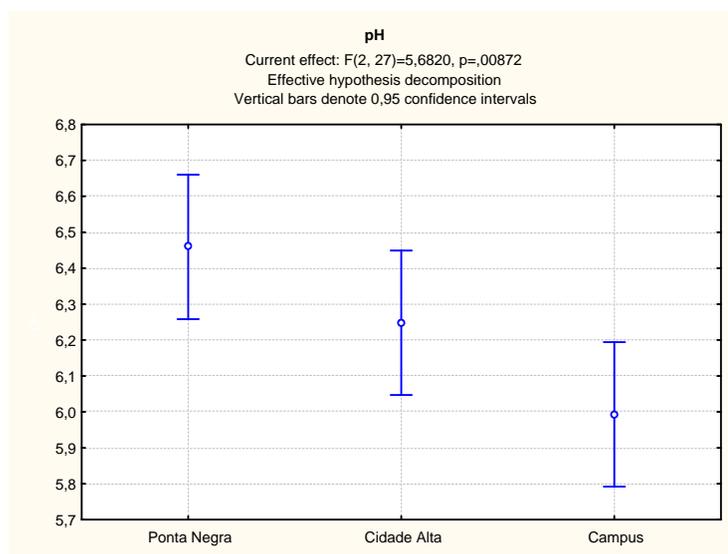


FIGURA 24: Gráfico da variância entre os pontos de coleta para o pH.

Quando realizada a análise da variância entre os pontos de coleta, para a variável pH, observa-se que Ponta Negra apresenta os maiores valores, seguida da Cidade Alta, e por fim, o Campus Universitário da UFRN.

c) Turbidez

TABELA 16: Quadro das médias de Turbidez.

Turbidez (UNT)				
mm	Ponta Negra	Cidade Alta	Campus UFRN	Média
1	0,64	0,39	0,59	0,54
2	0,44	0,27	0,58	0,43
3	0,42	0,30	0,44	0,39
4	0,38	0,27	0,44	0,36
5	0,45	0,28	0,41	0,38
6	0,44	0,27	0,51	0,41
7	0,33	0,23	0,50	0,35
8	0,37	0,26	0,43	0,35
9	0,35	0,28	0,44	0,36
10	0,34	0,25	0,42	0,34
Média	0,42	0,28	0,48	0,39

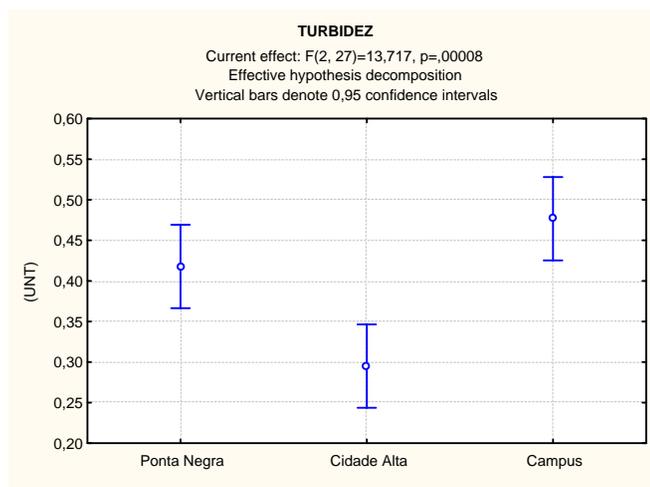


FIGURA 25: Gráfico da variância entre os pontos de coleta para a Turbidez

Quando realizada a análise da variância entre os pontos de coleta, para a variável Turbidez, observam-se os maiores valores no Campus Universitário da UFRN, seguida por Ponta Negra e por fim, a Cidade Alta.

V.1.3 – Correlação entre as Variáveis

TABELA 17: Matriz de Correlação entre as variáveis em Ponta Negra.

	CE (PN)	pH (PN)	T (PN)
CE (PN)	1,0000	,6796	,9379
	p= ---	p=,031	p=,000
pH (PN)	,6796	1,0000	,8111
	p=,031	p= ---	p=,004
T (PN)	,9379	,8111	1,0000
	p=,000	p=,004	p= ---

$p < 0,001$ = **Altamente Significativa**
 $0,001 < p < 0,05$ = **Significativa**
 $0,05 < p$ = Não Significativa

TABELA 18: Matriz de Correlação entre as variáveis no Campus Universitário da UFRN.

	CE (UFRN)	pH (UFRN)	T (UFRN)
CE (UFRN)	1,0000	,8571	,5583
	p= ---	p=,002	p=,093
pH (UFRN)	,8571	1,0000	,7147
	p=,002	p= ---	p=,020
T (UFRN)	,5583	,7147	1,0000
	p=,093	p=,020	p= ---

$p < 0,001$ = **Altamente Significativa**
 $0,001 < p < 0,05$ = **Significativa**
 $0,05 < p$ = Não Significativa

TABELA 19: Matriz de Correlação entre as variáveis na Cidade Alta.

	CE (CA)	pH (CA)	T (CA)
CE (CA)	1,0000	,9272	,6479
	p= ---	p=,000	p=,043
pH (CA)	,9272	1,0000	,4852
	p=,000	p= ---	p=,155
T (CA)	,6479	,4852	1,0000
	p=,043	p=,155	p= ---

$p < 0,001$ = **Altamente Significativa**
 $0,001 < p < 0,05$ = **Significativa**
 $0,05 < p$ = Não Significativa

a) Condutividade Elétrica x pH

Analisando a correlação entre as variáveis Condutividade Elétrica e pH, pode ser observada uma boa correlação, sendo ela significativa para Ponta Negra e para o Campus Universitário da UFRN, e altamente significativa para a Cidade Alta. Fato indicativo de que a maior parte das substâncias que provocam a Condutividade Elétrica, para as amostras estudadas, também elevam o pH da água de chuva, ocorrendo uma redução proporcional entre estas duas variáveis com o decorrer dos primeiros milímetros da precipitação.

b) Condutividade Elétrica x Turbidez

A correlação entre as variáveis Condutividade Elétrica e Turbidez se mostrou diferente para cada ponto de coleta, uma vez que para regiões com características diferentes as substâncias suspensas no ar também tem características diferentes, sendo elas mais ou menos estáveis dependendo de sua composição. Em Ponta Negra a correlação foi altamente significativa, na Cidade Alta foi significativa e no Campus Universitário da UFRN foi não significativa. Geralmente estas variáveis não são correlatas, pois a Turbidez é causada por material em suspensão na água e a Condutividade Elétrica por sais que estão normalmente dissolvidos nela, porém as fontes poluidoras podem lançar vários tipos de poluente, e essa análise se torna mais uma correlação entre a homogeneidade ou não das fontes poluidoras, do que a relação entre as variáveis.

c) pH x Turbidez

Já a análise da correlação entre o pH e a Turbidez se torna bastante indefinida, uma vez que para Ponta Negra e para o Campus Universitário da UFRN foi significativa e para a Cidade Alta foi não significativa. Mostrando que apesar de ocorrer uma diminuição simultânea dos valores, não se tem segurança na correlação. Esta indefinição decorre da variação da natureza das partículas, sendo mais ou menos inertes, que diferem de acordo com as características da região analisada. A correlação mostra que na região da Cidade Alta as substâncias que causam turbidez são inertes, não influenciando nos valores de pH.

V.1.4 – Regressão das Médias dos Valores de cada Variável

a) Condutividade Elétrica

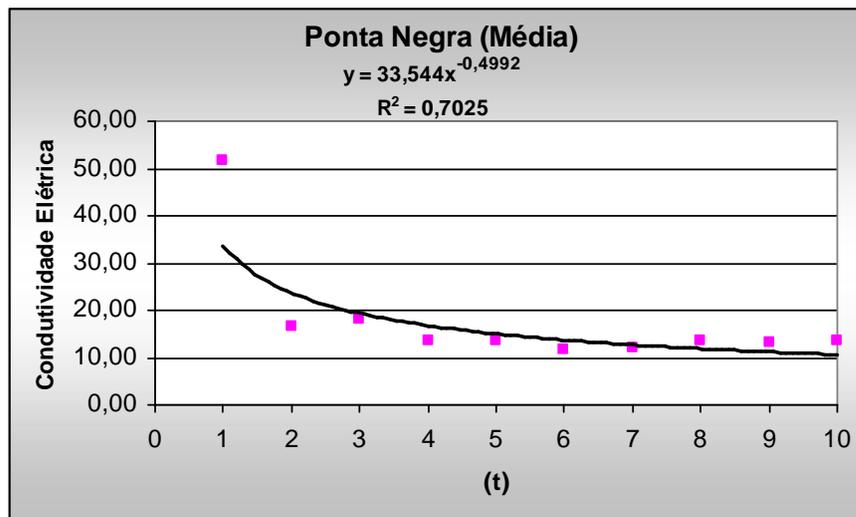


FIGURA 26: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

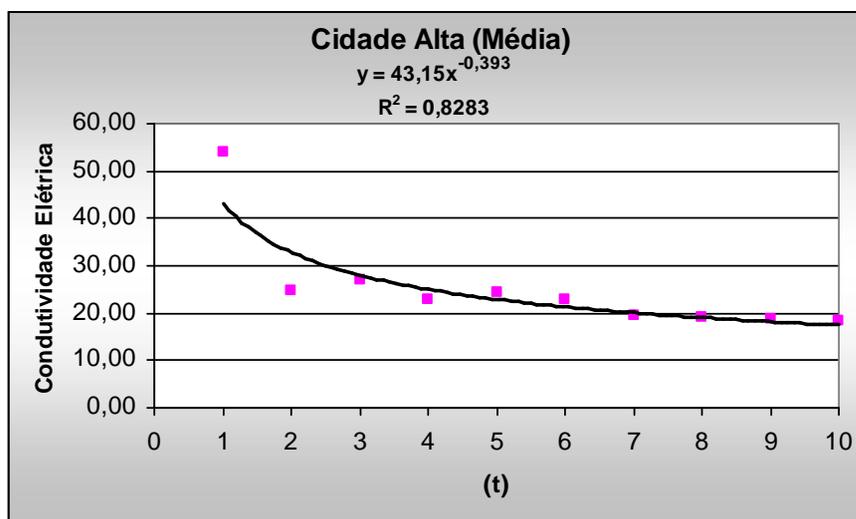


FIGURA 27: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

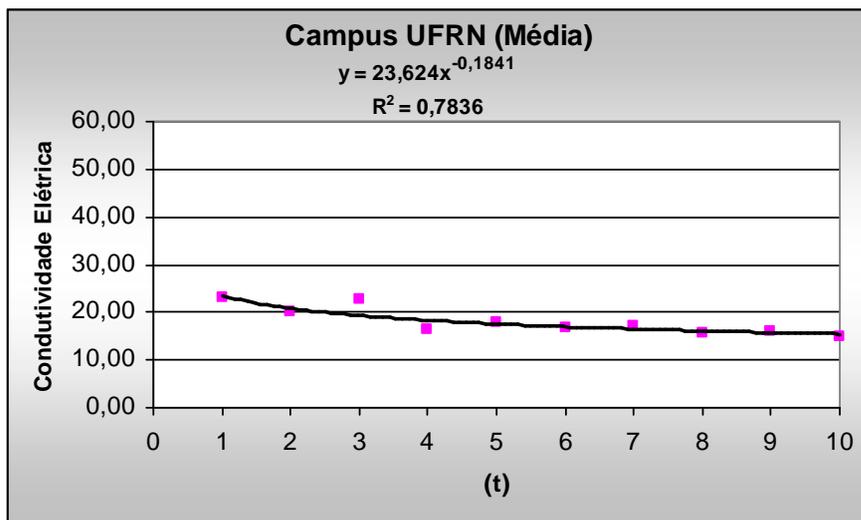


FIGURA 28: Gráfico das médias da Condutividade Elétrica no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

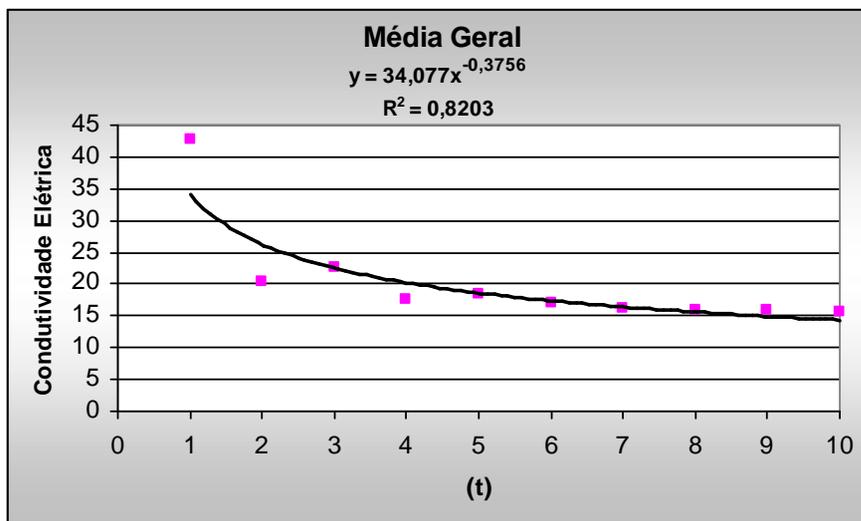


FIGURA 29: Gráfico das médias gerais da Condutividade Elétrica e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

Para a Condutividade Elétrica, a regressão do tipo potência tem valores de R^2 maiores que 0,7 para todos os pontos de coleta. Porém, para Ponta Negra e para a Cidade Alta, o segmento entre o início da precipitação e o 2º milímetro não pode ser considerado representativo, pois estes valores apresentam uma grande diferença em relação ao restante da série.

Em Ponta Negra a equação da curva tem expressão $y = 33,544 x^{-0,4992}$ e o $R^2 = 0,7025$; na Cidade Alta a expressão é $y = 43,15 x^{-0,393}$ e o $R^2 = 0,8283$; no Campus Universitário da UFRN a expressão é $y = 23,624 x^{-0,1841}$ e o $R^2 = 0,7836$; e para a média geral a expressão é: $y = 34,077 x^{-0,3756}$ e o $R^2 = 0,8203$.

b) pH

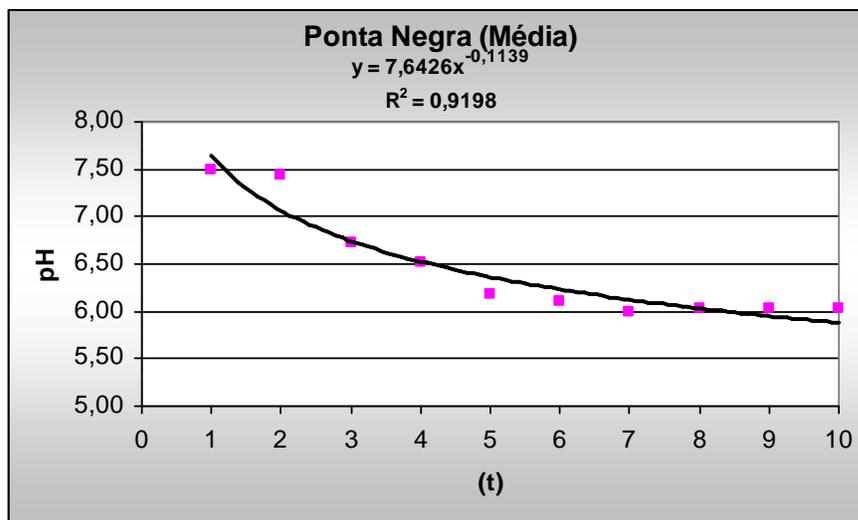


FIGURA 30: Gráfico das médias de pH em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

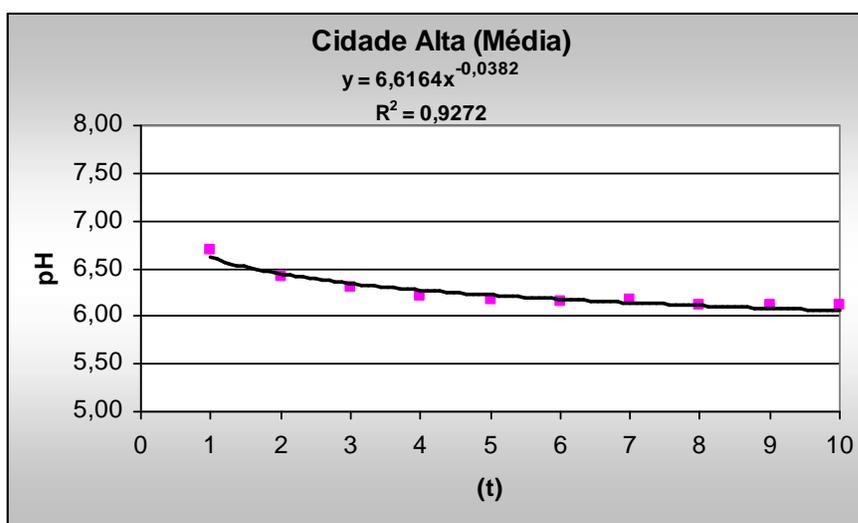


FIGURA 31: Gráfico das médias de pH na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

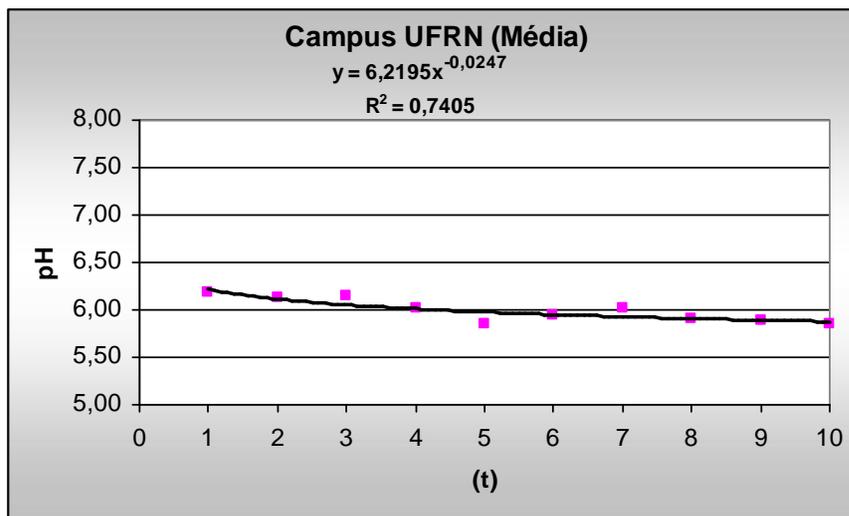


FIGURA 32: Gráfico das médias de pH no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

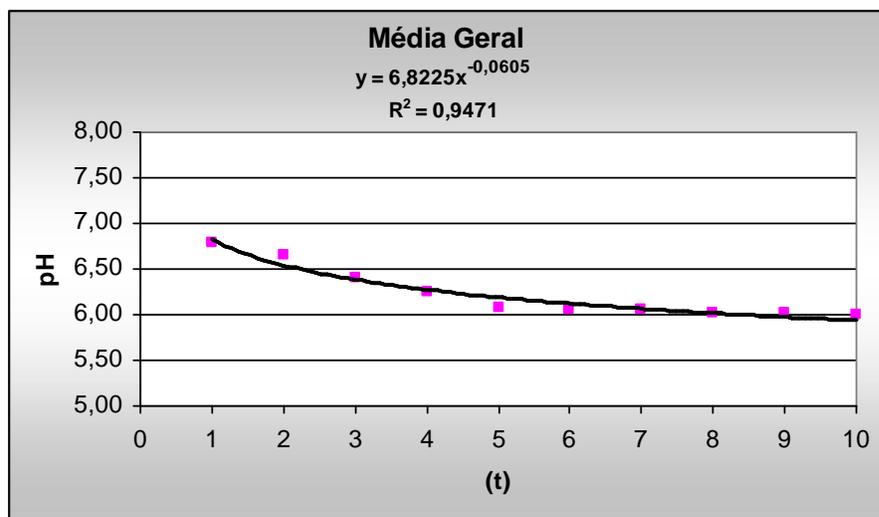


FIGURA 33: Gráfico das médias gerais de pH e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

Parar o pH, a regressão do tipo potência expõe curvas de variação da qualidade da água de chuva representativas do comportamento desta variável no decorrer do início da precipitação, quase todas as curvas tem valores de R^2 maiores que 0,9, tendo apenas o Campus da UFRN valores inferiores porém ainda representativos.

Em Ponta Negra a equação com expressão $y = 7,6426 x^{-0,1139}$ e o $R^2 = 0,9198$; na Cidade Alta a expressão $y = 6,6164 x^{-0,0382}$ e o $R^2 = 0,9272$; no Campus Universitário da UFRN a expressão $y = 6,2195 x^{-0,0247}$ e o $R^2 = 0,7405$; e a média Geral expressão: $y = 6,8225 x^{-0,0605}$ e o $R^2 = 0,9471$.

b) Turbidez

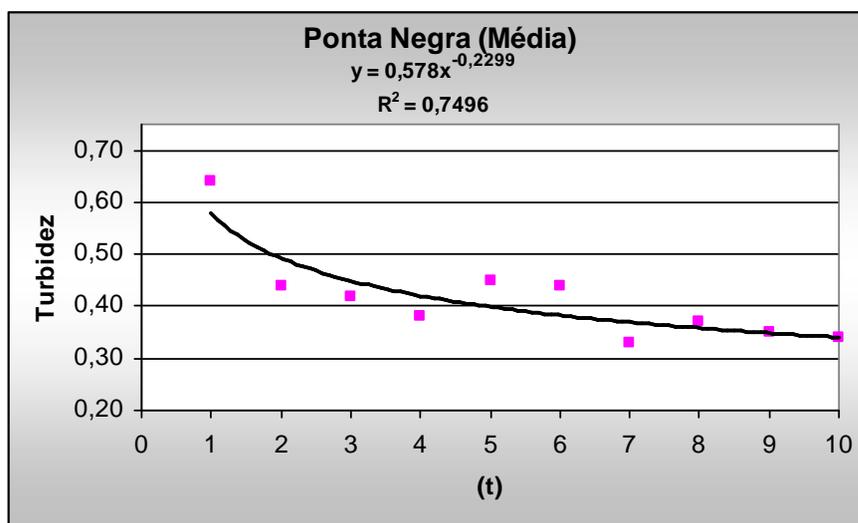


FIGURA 34: Gráfico das médias de Turbidez em Ponta Negra e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

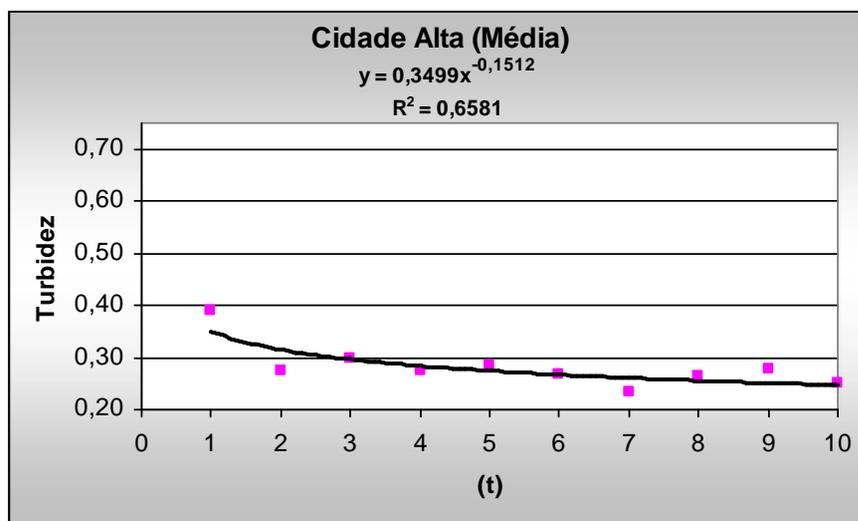


FIGURA 35: Gráfico das médias de Turbidez na Cidade Alta e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

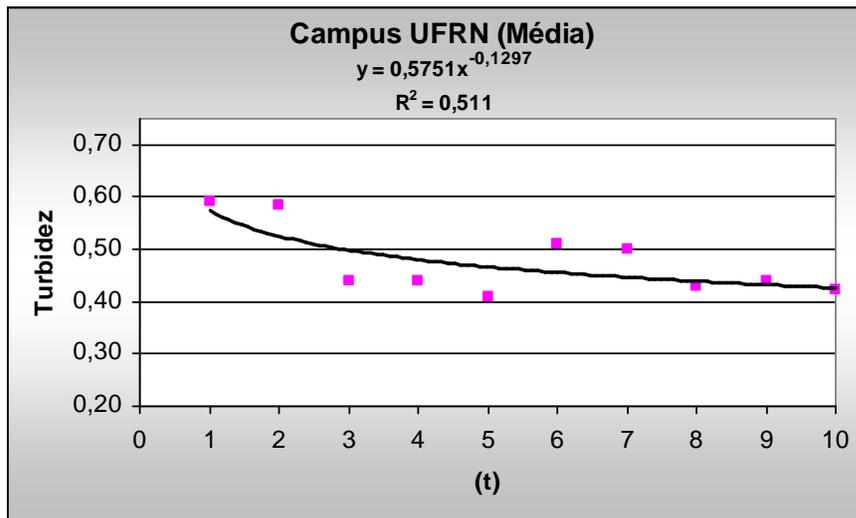


FIGURA 36: Gráfico das médias de Turbidez no Campus Universitário da UFRN e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

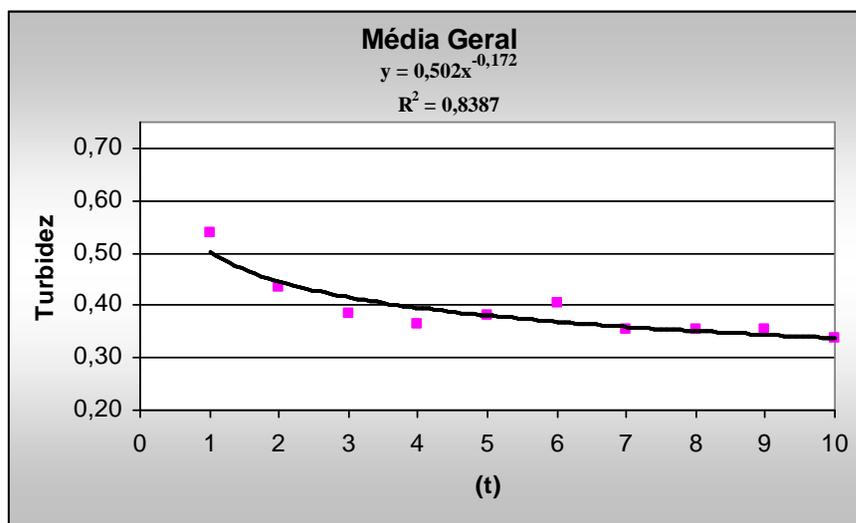


FIGURA 37: Gráfico das médias gerais de Turbidez e sua Curva de Tendência (Regressão tipo Potência).

Para a Turbidez, a curva da regressão do tipo potência em Ponta Negra ($R^2 = 0,7496$) e na média geral ($R^2 = 0,8387$) podem ser consideradas representativas a partir do 2º milímetro. Para a Cidade Alta e para o Campus da UFRN, as curvas não devem ser consideradas representativas do comportamento desta variável, pois a variação da qualidade da água, na maioria das séries, não segue um padrão definido.

Em Ponta Negra a equação da curva de tendência tem expressão $y = 0,578 x^{0,2299}$ e o $R^2 = 0,7496$; na Cidade Alta a expressão é $y = 0,3499 x^{-0,1512}$ e o $R^2 = 0,6581$; no Campus Universitário da UFRN a expressão é $y = 0,5751 x^{-0,1297}$ e o $R^2 = 0,511$; e a média geral tem expressão: $y = 0,502 x^{-0,172}$ e o $R^2 = 0,8387$.

V.2 – Resultados e Discussões

V.2.1 – Análise da variação da qualidade da água entre os milímetros de chuva e entre os pontos de coleta

Para as considerações a seguir, além da análise das Figuras 38, 39 e 40, também foram observadas as tabelas de medições, e os estudos estatísticos realizados no item V.1.

a) Condutividade Elétrica

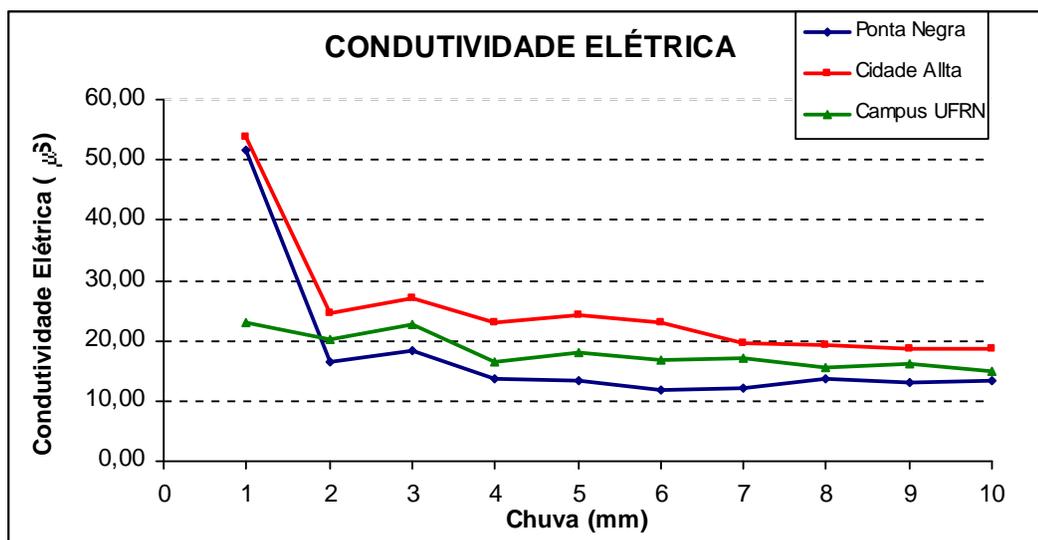


FIGURA 38: Gráfico com os valores de Condutividade Elétrica das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta .

Em todas as amostras os valores de Condutividade Elétrica encontrados foram muito baixos, sendo 63,5 μS o seu maior valor, estando bem abaixo dos valores aferidos na água fornecida pela CAERN, no qual os valores obtidos a partir da medição em três pontos distintos da cidade de Natal, variaram entre 115,9 e 183,4 μS . Nem a Resolução do CONAMA N^o 357 nem a Portaria N^o 518 do Ministério da Saúde trazem limites ou valores comparativos para a Condutividade Elétrica. A Tabela 20 expõem valores de outros trabalhos realizados analisando a água de chuva com coleta direta da atmosfera, que podem ser comparados com os valores apresentados pelo presente trabalho.

Nota-se uma grande redução dos valores entre o 1^o e o 2^o milímetro de chuva, mais de 50%, tanto na região litorânea, em Ponta Negra, quanto na região com maior concentração urbana, na Cidade Alta, para Ponta Negra variando do 1^o milímetro com 51,57 μS para o 2^o com 16,43 μS (68%), e na Cidade Alta variando do 1^o milímetro com 53,90 μS para o 2^o com 24,66 μS (53,5%). Na região litorânea a Condutividade Elétrica estabiliza-se a partir do 4^o milímetro com valores próximos a 13,0 μS , e na Cidade Alta os valores estabilizam em média com aproximadamente 19,0 μS a partir do 7^o mm de chuva, porém a partir do 2^o mm a redução já é muito pequena.

As amostras do Campus Universitário da UFRN tiveram valores de Condutividade Elétrica menores que as outras regiões e, por se tratar de uma área com poucas fontes de poluição, tem queda gradativa nos seus valores, em média 35% entre o 1^o e o 10^o milímetro, que tem valor máximo 34,20 μS (no 1^o milímetro) e mínimo 9,82 μS (no 10^o milímetro), em séries diferentes.

O Campus Universitário da UFRN e Ponta Negra tiveram médias similares. O Campus teve uma maior regularidade dos valores, por já ser uma região muito pouco poluída, tendo pouca substância para ser “lavada” na atmosfera. Ponta Negra, devido a contribuição marítima, teve a Condutividade Elétrica com valores iniciais mais altos e uma constância a partir do 2^o milímetro, após a rápida remoção dos sais da atmosfera.

Na Cidade Alta, por se tratar de uma área mais poluída que as demais analisadas, como já se esperava, foram encontrados os maiores valores de

Condutividade Elétrica, provavelmente devido aos sais liberados pela combustão parcial dos automóveis, das cozinhas e de pequenas fábricas.

Para a maioria das séries ocorreu uma elevação anormal dos valores de Condutividade Elétrica no 3º milímetro de chuva, fato que deve ser melhor analisado em trabalhos futuros, uma vez que não foi possível, nos limites deste trabalho, explicar a causa desta elevação. Como este fenômeno não se repete para as outras variáveis, a possibilidade de ter sido causado por alguma contaminação provocada pelo amostrador é pouco provável.

Outro tipo de abordagem dos dados obtidos no presente trabalho é a análise das médias aritméticas dos valores dos 10 milímetros considerando tudo como chuva atmosférica, para assim comparar com os valores encontrados em outros trabalhos.

TABELA 20: Quadro das médias de Condutividade Elétrica na chuva atmosférica em diversos trabalhos.

Autores	Local da Pesquisa	Parâmetro
		Condutividade Elétrica (μS)
Anecchini, 2005	Vitória - ES	32,70
Jaques, 2005	Florianópolis - SC	16,57
Guilherme, 2006 (UFRN)	Natal - RN	19,85
Presente Trabalho (Ponta Negra)	Natal - RN	17,72
Presente Trabalho (Cidade Alta)	Natal - RN	25,16
Presente Trabalho (UFRN)	Natal - RN	18,08
Presente Trabalho (Média)	Natal - RN	20,32

Em Ponta Negra e no Campus da UFRN os valores médios de Condutividade Elétrica são muito próximos dos valores de Guilherme (2006), coletados também em Natal e dos dados de Jaques (2005), coletados em Florianópolis (Tabela 20). Em Anecchini (2005) observa-se os maiores valores de Condutividade Elétrica (32,70 μS) e em segundo vem a média das coletas realizadas pelo presente trabalho em uma das zonas mais poluídas de Natal, a Cidade Alta, com 25,16 μS .

b) pH

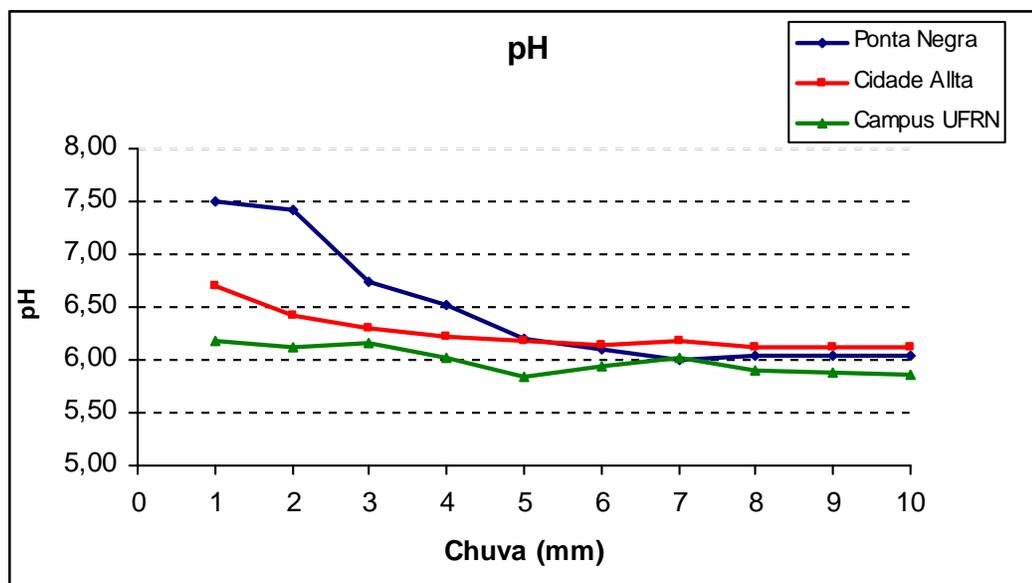


FIGURA 39: Gráfico com os valores de pH das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta.

De acordo com a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, uma água para ser considerada potável deve ter o pH entre 6,0 e 9,5.

Os valores de pH encontrados com a pesquisa variaram entre 5,18 e 7,79, tendendo a estabilizar a partir do 5º mm de chuva com aproximadamente pH 6,0 em todas as séries. Quando analisada a média entre os milímetros de chuva os valores encontrados na pesquisa variam entre 5,99 no Campus da UFRN e 6,46 em Ponta Negra (Tabela 21).

Da mesma forma que para a Condutividade Elétrica, as amostras coletadas no Campus da UFRN tiveram valores de pH com pouca variação, oscilando em torno de 6,0, com valor máximo de pH igual a 6,65 e mínimo igual a 5,18. Para este ponto de coleta foram encontrados em várias amostras valores de pH levemente ácidos, abaixo do padrão de potabilidade, da mesma forma que os valores médios em Jaques (2005), Guilherme (2006) e Gonçalves (2006) em Florianópolis - SC, como mostra a Tabela 21.

TABELA 21: Quadro das médias de pH na chuva atmosférica em diversos trabalhos.

Autores	Local da Pesquisa	Parâmetro
		pH
Anecchini, 2005	Vitória - ES	6,09
Jaques, 2005	Florianópolis - SC	5,46
Guilherme, 2006 (UFRN)	Natal - RN	5,51
Gonçalves et al., 2006	Vitória - ES	6,10
	Florianópolis - SC	5,90
Presente Trabalho (Ponta Negra)	Natal - RN	6,46
Presente Trabalho (Cidade Alta)	Natal - RN	6,25
Presente Trabalho (UFRN)	Natal - RN	5,99
Presente Trabalho (Média)	Natal - RN	6,23

Para a Cidade Alta ocorreram quedas nos valores de pH até o 5º milímetro de chuva, estabilizando após isto com um valor médio de aproximadamente 6,1. Obtiveram-se valores máximo e mínimo de 7,27 e 6,04, respectivamente, tendo todos os valores medidos, dentro dos padrões de potabilidade (Portaria Nº 518 do MS).

Ponta Negra foi o local onde teve maior variação dos valores de pH. Analisando as médias dos milímetros, os valores foram de 7,5 no 1º milímetro a 6,03 no 10º, aproximadamente 20%, e apresentou maiores valores iniciais. Seus valores variaram entre 7,79 e 5,88, e a maior redução ocorreu entre o 2º e o 3º milímetro de chuva. Apesar de apresentar alguns valores abaixo do padrão de potabilidade, a média se estabiliza acima, com 6,03 de pH.

Observando a Tabela 21, nota-se que todos os valores estão com pH próximo a 6,0, variando de 5,46 em Florianópolis (JAQUES, 2005) a 6,46 na praia de Ponta Negra em Natal.

Para todas as séries, com o passar da chuva, ocorreram quedas nos valores de pH, o que indica que para as áreas analisadas a maioria dos poluentes torna o pH mais elevado, e com o passar dos primeiros milímetros de chuva a atmosfera vai sendo lavada e a água sofre redução nos seus valores.

c) Turbidez

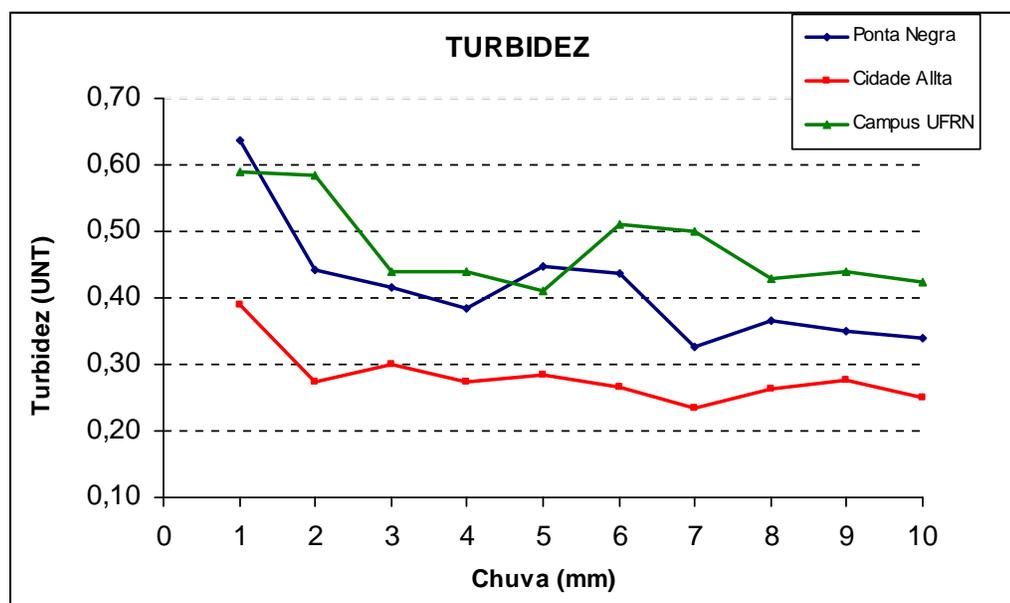


FIGURA 40: Gráfico com os valores de Turbidez das médias de cada milímetro de chuva para os três pontos de coleta .

Para a Turbidez, a Portaria Nº 518 do Ministério da Saúde traz o valor máximo de 5,0 UNT para que a água seja potável. Todos os valores encontrados nas amostras coletadas foram abaixo de 1,0 UNT, portanto, desde o início da precipitação a água é potável para esta variável nas regiões analisadas.

O Campus Universitário da UFRN foi onde se encontrou, em geral, maiores valores de turbidez, impulsionados principalmente pela coleta do dia 28/06/06, e a sua média não apresentou curva bem definida. Em apenas uma das séries obteve-se uma curva de purificação bem definida, com grande redução até o 2º milímetro, ficando constante a partir do 3º milímetro. Seus valores variaram entre 0,83 e 0,30 UNT, em séries diferentes.

Os valores elevados de turbidez para o Campus, possivelmente foram devido às grandes áreas de terreno natural existentes ao redor do amostrador, e devido aos fortes ventos, que de acordo com os dados da Estação Principal da UFRN, no dia 28 de junho de 2006 chegaram a 6,3 m/s durante a tarde, onde a média é de 4,0 m/s. Os ventos colocam em suspensão partículas originárias do solo como a sílica, o alumínio, o ferro, e poeira em geral, interferindo nos valores de turbidez, uma vez

que o amostrador, para este ponto de coleta, estava instalado próximo ao chão (1,3 metro de altura), o que também deve ter influenciado nos valores de Turbidez. Esta elevação de partículas de solo silicoso altera a turbidez das primeiras águas da chuva, mas não interferem de forma significativa nem no pH e nem na condutividade elétrica.

Em Ponta Negra observa-se grande redução dos valores de turbidez entre o 1º e o 2º milímetro de chuva, tendo pequena diminuição após isso. Foi onde ocorreu maior redução no decorrer da chuva, caindo quase na metade (47%) entre o 1º e o 10º milímetro de chuva para a média. Teve valor máximo igual a 0,73 UNT e mínimo igual a 0,27 UNT, em séries diferentes. Para este ponto de coleta, durante o 5 e o 6 milímetro ocorreram elevações dos valores de turbidez, fato que pode traduzir alguma variação de vento de contribuição marítima, que pode provocar alterações de padrão para esta variável.

Na Cidade Alta, que é a região de maior concentração urbana dentre as três áreas analisadas, foram encontrados os menores valores de turbidez, que variaram entre 0,45 e 0,19 UNT. Estes baixos valores se deram, provavelmente, por se tratar de uma região com ausência de terrenos naturais, evitando assim a suspensão de substâncias presentes no solo, e por ter a poluição através de vapores e gases que não interferem de forma significativa nos valores de turbidez. A sua curva qualitativa teve a maior queda entre o 1º e o 2º milímetro de chuva (31% para os valores médios), seguido por redução gradual com algumas pequenas oscilações.

O presente trabalho obteve os menores valores médios de turbidez quando comparado com as médias dos outros trabalhos. Jaques (2005) apresentou o maior valor médio de Turbidez (4,26 UNT), que apesar de ser bem maior que os demais trabalhos, ainda se encontra dentro do padrão de potabilidade para esta variável (Tabela 22).

TABELA 22: Quadro das médias de Turbidez na chuva atmosférica em diversos trabalhos.

Autores	Local da Pesquisa	Parâmetro
		Turbidez (UNT)
Anecchini, 2005	Vitória - ES	0,90
Jaques, 2005	Florianópolis - SC	4,26
Guilherme, 2006 (UFRN)	Natal - RN	0,68
Gonçalves et al., 2006	Vitória - ES	0,90
	Florianópolis - SC	1,50
Presente Trabalho (Ponta Negra)	Natal - RN	0,42
Presente Trabalho (Cidade Alta)	Natal - RN	0,28
Presente Trabalho (UFRN)	Natal - RN	0,48
Presente Trabalho (Média)	Natal - RN	0,39

Analisando a Tabela 22 também podemos observar que apenas as coletas em Florianópolis apresentam valores maiores que 1 UNT, seguidos das coletas em Vitória que tiveram, as duas, 0,9 UNT, e por fim Natal tendo a maior média observada em Guilherme (2006).

VI. CONCLUSÕES

A pesquisa mostra que existe grande variação percentual da qualidade da água de chuva durante os primeiros 5,0 milímetros de precipitação, principalmente após o 1º milímetro. As primeiras águas da chuva realmente promovem a limpeza da atmosfera, e a partir de certa quantidade da precipitação, a água se torna de excelente qualidade e com valores estáveis para as variáveis pesquisadas, com suas médias da ordem de 16,0 μ S de condutividade elétrica, pH 6,00 e 0,35 UNT de Turbidez.

Na área de maior poluição atmosférica (Cidade Alta) a Condutividade Elétrica e a Turbidez sofreram grande redução entre o 1º e o 2º milímetro, e os seus valores se estabilizaram (com pequenas oscilações) do 2º milímetro em diante. O pH em média também teve grande redução entre o 1º e o 2º milímetro, seguido por redução gradativa até se estabilizar a partir do 5º milímetro.

Na região litorânea (Ponta Negra) e no centro da cidade (Cidade Alta) as curvas da qualidade da água de chuva para Condutividade Elétrica e para Turbidez adotam formas semelhantes, com grande redução entre o 1º e o 2º milímetro e estabilidade com pequenas oscilações a partir do 2º milímetro. A grande redução do pH ocorre entre o 2º e o 3º milímetro de chuva e também reduz gradativamente, a partir daí, até se estabilizar do 5º milímetro em diante. Em Ponta Negra, algumas séries de amostras apresentaram alterações bruscas na tendência da curva, possivelmente devido à variação da velocidade dos ventos provenientes do oceano.

Na região do Campus Universitário da UFRN, como se trata de uma área com atmosfera quase isenta de poluição, a água de chuva apresenta muito boa qualidade desde o início da precipitação, fazendo com que desde o princípio as variáveis tenham valores estáveis, ocorrendo em alguns casos pequenas variações. Mesmo assim, em algumas séries observa-se uma pequena redução durante os dois primeiros milímetros de chuva, estabilizando após isso.

A água de chuva dos três pontos de coleta revela as diferenças atmosféricas como era esperado.

Na região de menor poluição (Campus Universitário da UFRN) encontrou-se a água de chuva desde o início muito limpa, e com pouca variação de qualidade. Apresentou valores de turbidez mais elevados que a dos demais pontos de coleta (porém ainda muito baixos), devido a grandes áreas de solo exposto e aos fortes ventos existentes na região, aumentando a quantidade de sólidos suspensos na atmosfera que influenciam diretamente na turbidez mais não influem significativamente nem no pH nem na condutividade elétrica.

A região de maior concentração urbana (Cidade Alta) obteve valores de Condutividade Elétrica mais elevados, por se tratar da área mais poluída, e com os valores de Turbidez mais reduzidos, o que indica que a poluição desta área, na sua maioria, é composta por gases e vapores que não alteram a Turbidez.

Na região litorânea (Ponta Negra), os valores iniciais de Condutividade Elétrica, pH e Turbidez se apresentaram elevados e com grande redução após o primeiro e o segundo milímetro de chuva, por se tratar de uma região com forte contribuição dos sais presentes no spray marítimo, que são de fácil lavagem; e com oscilações bruscas nos valores em algumas partes das séries, provavelmente provocadas por rajadas de vento carregadas com sais marinhos, provenientes do oceano.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3P TECHINIK DO BRASIL LTD. **Soluções para o Manejo sustentável das águas pluviais**. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/> . Acesso em : 12 de maio de 2007.

AMBIENTE BRASIL. **Avaliação da qualidade da Água**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/> . Acesso em: 04 de março de 2006.

ANDRADE FILHO, A. G ; PRESTES, A. R ; CAMPOS, G. M; MATKOVSKI, V.A; SZÉLIGA, M. R ; WIECHETECK, G. K. **Projeto Piloto de Captação e Utilização de Águas Pluviais**. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. Punta Del Leste. Anais.... AIDIS: Punta Del Leste, 2006.

ANDRADE NETO, C O de. **Qualidade da Água**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4, 2003, Juazeiro. Anais..... Juazeiro: ABCMAC, 2003-A.

ANDRADE NETO, C O de. **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4, 2003, Juazeiro. Anais..... Juazeiro: ABCMAC, 2003 -B.

ANDRADE NETO, C O de. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11., 2004, Natal. Anais ... Natal: ABES/APESB/APRH. 2004.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na Região Metropolitana de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, 2005.124p.

ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO - ASA. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/> >. Acesso em: 21 de Julho de 2007.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.680p.

BENN, F.R. e MCAULIFFE, C.A. **Química e Poluição**. 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

BRAGA, A. C. F. M.; GALVÃO, C. O.; COSTA, C. F. L. E.. **Determinação do padrão de racionamento de água em reservatórios**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001. João Pessoa. Anais....João Pessoa:ABES, 2001.

BRASIL. CONAMA. **Resolução Nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Dispõem sobre a balneabilidade dos corpos de água. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

BRASIL. CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

CEPEN: Centro de Pesquisas Eco-Naturais. **A Chuva**. Disponível em: <<http://www.cepen.com.br/chuvas.htm#A%20chuva>>. Acesso em: 17 de novembro de 2005.

CETESB.**Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. 2 ed. São Paulo: CETESB, 1976. 549p.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E ; EATON, A.D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

COUTO, J.L.V. **Limnologia**. Disponível em: <<http://www.meumundo.americaonline.com.br/jlvcouto/index.htm>>. Acesso em: 04 Mar. 2006.

DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. 3 ed. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

DE LUCA, S J; CASTRO, C B; IDE, C N. **Contaminação da Chuva e da Drenagem Pluvial**. *Ambiente*, Vol 4, n. 1, p. 49-53, 1990.

DE LUCA, S.J; GOMES, S. **Qualidade do Ar e das Chuvas em Porto Alegre**. Porto Alegre: IPH / UFRGS. 2000.

ELETROSUL; ELETROBRÁS; e EFSC. **Casa Eficiente**. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=51>>. Acesso em: 12 de maio de 2007.

EMBRAPA - CPATSA. **Captação e Conservação de Água de Chuva para Consumo Humano – Cisternas Rurais: Dimensionamento, Construção e Manejo**. Circular Técnica. Número 12. 1984.

EMBRAPA - CPATSA. **Captação e Conservação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro – Cisternas Rurais II**. Petrolina, PE, EMBRAPA – CPATSA, 1988.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R.. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**. 1 ed. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002. v. 2000. 190 p. (Tradução do Livro "Rainwater & You: 100 Ways to Use Rainwater. Sumida, Tokyo: GROUP RAINDROPS, 1995)

GNADLINGER. J.. **A contribuição da captação de água de chuva para desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – Uma abordagem focalizando o povo**. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 3., 2001. Anais.... Paraíba: ABCMAC, 2001.

GONÇALVES, R. F. et al. (coordenador) **Uso Racional da Água em Edificações: Consumo de Água**. Rio de Janeiro: ABES-PROSAB, 2006.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E.. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply**. Londres: ITDG Publishing, 2002.

GUILHERME, L.B. **Aproveitamento das Águas de Chuva da Cidade de Natal para fins Potáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2006.

HAAG, H. P. **Chuvas Ácidas**. Campinas: Fundação Cargill, 1985.77p.

HELLER, L; PÁDUA, V. L (Organizadores). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

HOYOS, S.E.G ; FLORES, M.A ; GONZÁLEZ, A.R ; MÓLGORA , C.C; RODRÍGUEZ ; A.N. **Removal arsenic in drinking water by capacitive deionization** . In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. Punta Del Leste. Anais.... AIDIS: Punta Del Leste, 2006-A.

HOYOS, S.E.G ; FLORES, M.A ; GONZÁLEZ, A.R ; MORTEO, L.A.B ; HERRERA, A.G.; PALACIOS, L.M; CHÁVEZ, R.M.R; HERNÁNDEZ, O.C. **Potabilización de agua de lluvia rodada por medio de filtración en múltiples etapas modificada, México**. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. Punta Del Leste. Anais.... AIDIS: Punta Del Leste, 2006-B.

JAQUES, R.C. **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental).Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. **Improving water quality by design**. México: IRCSA 11, 2003.

MAY, S.; HESPANHOL, I.. **Caracterização e Tratamento de Águas Cinzas para Consumo não Potável em Edificações**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. Punta Del Leste. Anais.... AIDIS: Punta Del Leste, 2006.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; SILVA, M.C. C; RODRIGUES. L.D.B. **Estudo para Avaliação do Potencial de Reúso e Aproveitamento da Água de Chuva em Indústria**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. Punta Del Leste. Anais.... AIDIS: Punta Del Leste, 2006.

MORAIS, F. A.. **Programa de formação e mobilização social para convênio com o semi-árido: Um milhão de cisternas rurais - P1MC**. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, 3., 2001. Anais.... Paraíba: ABCMAC, 2001.

MOREIRA, M.D.D. **Reciclagem de Águas Servidas em Edifícios Residenciais e Similares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2001.

PALMIER, L. R.. **Uso de técnicas de captação de água de chuva – Causas de insucessos e tendências futuras**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4. 2003, Juazeiro. Anais..... Juazeiro: ABCMAC, 2003-B.

POLI, A.C. **Chuva Ácida**. USP – São Carlos. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2000/chuva/ChuvaAcida.htm>>. Acesso em: 15 de maio de 2007.

PROGRAMA EDUCAR. **Chuva Ácida**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/quimapoio/Chuvaacida.html>> Acesso em: 17 de maio de 2007.

SILVA, C. V; CARDOSO, M.P.; PALMIER, L.R.; PÁDUA, V.L.. **Potencial liberação de metais em águas de chuva armazenadas em cisternas utilizadas para consumo humano**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina. Anais. Teresina: ABCMAC, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da Água**. 1 ed. São Paulo, 1998.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.180p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L.. **Meteorologia Descritiva - Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo. Livraria Nobel,1989. 374p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciências e Aplicação**. Porto Alegre. Ed. Universidade / UFRGS: ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos. 1993. 943p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. 2 ed. Brasília: Gráfica e Editora Pax, 2001.

VIDAL, R.T. **Agua de Lluvia – Agua Saludable**. Guatemala: APRESAL, 2002.108p.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA - Universidade Federal de Minas Gerais ,1996. 240p. v1.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. p. 26 -43.

ANEXOS

ANEXOS**Tabelas de Medições**

LOCAL: Ponta Negra

DATA 5/5/2006

HORA: 08:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	51,00	μS	1	7,60		1	0,59	NTU
2	22,40	μS	2	7,64		2	0,49	NTU
3	23,20	μS	3	6,61		3	0,47	NTU
4	16,69	μS	4	6,16		4	0,45	NTU
5	16,35	μS	5	6,04		5	0,47	NTU
6	16,47	μS	6	5,94		6	0,53	NTU
7	17,83	μS	7	5,89		7	0,44	NTU
8	16,81	μS	8	5,90		8	0,43	NTU
9	17,20	μS	9	5,88		9	0,43	NTU
10	15,93	μS	10	5,92		10	0,40	NTU

LOCAL: Ponta Negra

DATA 10/5/2006

HORA: 09:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	44,40	μS	1	7,79		1	0,73	NTU
2	13,52	μS	2	7,65		2	0,41	NTU
3	15,62	μS	3	6,97		3	0,40	NTU
4	13,11	μS	4	6,78		4	0,37	NTU
5	10,10	μS	5	6,33		5	0,46	NTU
6	10,01	μS	6	6,15		6	0,49	NTU
7	9,32	μS	7	5,88		7	0,26	NTU
8	-	μS	8	-		8	-	NTU
9	-	μS	9	-		9	-	NTU
10	-	μS	10	-		10	-	NTU

LOCAL: Ponta Negra

DATA 27/5/2006

HORA: 15:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	59,30	μS	1	7,11		1	0,59	NTU
2	13,36	μS	2	7,00		2	0,43	NTU
3	15,87	μS	3	6,62		3	0,38	NTU
4	10,96	μS	4	6,63		4	0,33	NTU
5	13,90	μS	5	6,20		5	0,41	NTU
6	8,68	μS	6	6,22		6	0,29	NTU
7	8,85	μS	7	6,20		7	0,28	NTU
8	10,32	μS	8	6,17		8	0,30	NTU
9	9,14	μS	9	6,20		9	0,27	NTU
10	11,09	μS	10	6,14		10	0,28	NTU

LOCAL: Cidade Alta

DATA 13/6/2006

HORA: 15:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	48,30	μS	1	7,27		1	0,29	NTU
2	17,67	μS	2	6,75		2	0,33	NTU
3	17,33	μS	3	6,48		3	0,29	NTU
4	16,51	μS	4	6,28		4	0,29	NTU
5	16,14	μS	5	6,14		5	0,28	NTU
6	24,10	μS	6	6,08		6	0,28	NTU
7	15,23	μS	7	6,14		7	0,27	NTU
8	15,59	μS	8	6,06		8	0,27	NTU
9	15,04	μS	9	6,04		9	0,33	NTU
10	14,54	μS	10	6,07		10	0,32	NTU

LOCAL: Cidade Alta

DATA 16/6/2006

HORA: 15:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	49,90	μS	1	6,61		1	0,45	NTU
2	27,30	μS	2	6,24		2	0,24	NTU
3	37,50	μS	3	6,21		3	0,39	NTU
4	29,60	μS	4	6,16		4	0,30	NTU
5	36,10	μS	5	6,16		5	0,34	NTU
6	25,60	μS	6	6,18		6	0,33	NTU
7	22,90	μS	7	6,20		7	0,22	NTU
8	21,60	μS	8	6,16		8	0,32	NTU
9	21,00	μS	9	6,14		9	0,25	NTU
10	22,10	μS	10	6,16		10	0,23	NTU

LOCAL: Cidade Alta

DATA 19/6/2006

HORA: 14:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	63,50	μS	1	6,22		1	0,43	NTU
2	29,00	μS	2	6,27		2	0,25	NTU
3	26,60	μS	3	6,21		3	0,22	NTU
4	22,60	μS	4	6,20		4	0,23	NTU
5	20,60	μS	5	6,22		5	0,23	NTU
6	19,25	μS	6	6,18		6	0,19	NTU
7	20,20	μS	7	6,18		7	0,21	NTU
8	20,20	μS	8	6,15		8	0,20	NTU
9	19,70	μS	9	6,15		9	0,25	NTU
10	19,00	μS	10	6,13		10	0,20	NTU

LOCAL: Campus Universitário

DATA 28/6/2006

HORA: 11:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	17,68	μS	1	6,26		1	0,58	NTU
2	15,24	μS	2	6,65		2	0,78	NTU
3	13,40	μS	3	6,58		3	0,60	NTU
4	11,13	μS	4	6,07		4	0,59	NTU
5	11,23	μS	5	6,08		5	0,51	NTU
6	13,26	μS	6	5,89		6	0,76	NTU
7	14,66	μS	7	5,84		7	0,76	NTU
8	12,45	μS	8	5,83		8	0,63	NTU
9	12,65	μS	9	5,88		9	0,66	NTU
10	9,82	μS	10	5,82		10	0,57	NTU

LOCAL: Campus Universitário

DATA 11/7/2006

HORA: 16:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	34,30	μS	1	6,57		1	0,36	NTU
2	29,10	μS	2	6,55		2	0,31	NTU
3	34,20	μS	3	6,57		3	0,33	NTU
4	25,20	μS	4	6,63		4	0,32	NTU
5	29,30	μS	5	6,12		5	0,33	NTU
6	24,20	μS	6	6,53		6	0,34	NTU
7	23,80	μS	7	6,55		7	0,36	NTU
8	22,20	μS	8	6,14		8	0,30	NTU
9	24,50	μS	9	6,14		9	0,32	NTU
10	24,20	μS	10	6,17		10	0,33	NTU

LOCAL: Campus Universitário

DATA 27/7/2006

HORA: 12:00

Condutividade Elétrica			pH			Turbidez		
1	17,10	μS	1	5,73		1	0,83	NTU
2	15,93	μS	2	5,18		2	0,66	NTU
3	20,60	μS	3	5,30		3	0,39	NTU
4	12,86	μS	4	5,35		4	0,41	NTU
5	13,45	μS	5	5,33		5	0,39	NTU
6	13,07	μS	6	5,41		6	0,43	NTU
7	12,76	μS	7	5,66		7	0,38	NTU
8	11,83	μS	8	5,74		8	0,36	NTU
9	11,22	μS	9	5,64		9	0,34	NTU
10	11,16	μS	10	5,58		10	0,37	NTU