

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MATHEUS DE LIMA GOEDERT

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS EM DIFERENTES INDÚSTRIAS DO OESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2012

MATHEUS DE LIMA GOEDERT

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS EM DIFERENTES INDÚSTRIAS DO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Msc. Fabiana C. A. Schütz

Co-Orientador: Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt

Medianeira

2012

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM
DIFERENTES INDÚSTRIAS DO OESTE DO PARANÁ.**

Por

MATHEUS DE LIMA GOEDERT

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 10 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Prof. Dr. Carla.A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(Co-orientadora)

Prof. Dr. Vânia Lionço
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aos meus pais,
Vilmar Tadeu Goedert e
Maria Luiza G. L. Goedert.

AGRADECIMENTOS

A minha família, pelo suporte e motivação.

A minha namorada, Bruna dos Santos Cunha, pelo incentivo, dedicação e positividade transmitida.

A minha orientadora Prof. Msc Fabiana C. A Schütz , pela confiança e aprendizado.

A minha co-orientadora Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt, pelo apoio e disposição.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“Não haverá empresa saudável
numa sociedade doente”.

Peter Drucker

GOEDERT, Matheus L. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em diferentes indústrias do oeste do Paraná.** 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RESUMO

Atitudes de preservação do meio ambiente, visando o *desenvolvimento sustentável*, estão cada vez mais em evidência no ambiente organizacional, tendo em vista a crescente demanda no consumo dos recursos naturais. Sendo assim tornam-se imprescindíveis o desenvolvimento de estudos de alternativas para a conservação dos recursos hídricos como, por exemplo, o uso de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial - SAAP pelo setor industrial. Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para diferentes setores industriais da região oeste do Paraná. Para isso foi estimado o volume de água consumida e de água capturada pelos telhados das instalações de indústrias presentes na região, também foi dimensionado o volume do reservatório por meio dos métodos Rippl e Azevedo Neto e estimou-se a eficiência para cada caso analisado: Abate de Aves, Abate de Suínos e Laticínios. Ao término desta pesquisa concluiu-se que uso da água pluvial para as indústrias de abate de aves e suínos não demonstrou ser uma alternativa viável do ponto de vista técnico, já que o volume máximo captado pelos telhados não seria suficiente para atender todo o volume substituível, pois o volume captável nos frigoríficos de aves e de suínos representa 0,85% e 5,8% do volume total consumido respectivamente. Entretanto, para o caso dos laticínios essa alternativa mostrou-se atrativa, pois a quantidade de água substituída varia de 12% a 28% do volume de água total consumida nestas indústrias, dependendo da capacidade de processamento de matéria prima. Em relação ao dimensionamento do sistema concluiu-se que o método mais indicado foi o Azevedo Neto por apresentar aproximadamente metade do volume com uma eficiência de no máximo 10% menor que os encontrados com o método Rippl,

Palavras-chave: SAAP; Cisterna; Sustentabilidade.

GOEDERT, Matheus L.. **Study the feasibility of rainwater harvesting in different industries in western Paraná.** 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ABSTRACT

Environment preservation attitudes, aiming the sustainable development are the more in evidence at an organizational ambient, on account of the increasing demand on the natural resources consume. This way, the development of studies of alternatives for the conservation of hydro resources like, for example, the use of Pluvial Water Improvement System – PWIS. became indispensable by the industrial sector. Therefore the objective of this research was assessing the viability of the use of the Pluvial Water Improvement System to different industrial sectors of the Western of Paraná. Due to it, the consumed water volume and the volume of the water caught through the roof of the industrial installations of the region were estimated, it was also dimensioned the reservoir capacity according to the Rippl and Azevedo Neto methods and the efficiency for each analyzed case was estimated: Bird slaughtering, Pork slaughtering and dairy products. At the end of this research, it was concluded that the use of pluvial water for the bird and pork slaughtering industries haven't seemed to be a viable alternative according to a technical opinion, providing that the maximum volume caught through the roof would not be enough to attend all the replaceable volume, because the volume able to be gotten at the bird and pork freezer represents 0.85% and 5.8% of the total volume respectively consumed. However, to the dairy products' case, this option seemed to be fairly attractive, because the quantity of substituted water varies from 12% to 28% about the total water volume consumed at these industries, depending of the capacity of processing of raw material. In relation to the system dimensioning, it was concluded that the most appropriated method was the Azevedo Neto due to present about half of volume with an efficiency of the most 10% less than the ones found with the Rippl method.

Key-words: PWIS; Cistern; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo Hidrológico	16
Figura 2 – Conceito de sustentabilidade corporativa.....	21
Figura 3 – Princípios SIGMA.....	22
Figura 4 – Sistema de aproveitamento de água da chuva na Coca-Cola	25
Figura 5 – Esquema básico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais ...	25
Figura 6 – Esquema típico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	26
Figura 7 – Exemplo de construção com sistema de aproveitamento de água pluvial	27
Figura 8 – Exemplo de construção com sistema de aproveitamento de água pluvial	28
Figura 9 – a) Filtro volumétrico VF1; b) Representação do sistema de filtragem	29
Figura 10 – a) Filtro VF6; b) Filtros VF6 instalados em caixa de alvenaria	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação média no município de Medianeira	37
Gráfico 2 – Precipitações anuais do município de Medianeira	38
Gráfico 3 – Evolução do abate de frangos no Brasil, 1997 à 2011.....	40
Gráfico 4 – Ranking e variação anual do abate de frangos, primeiros semestres de 2011 e 2012	41
Gráfico 5 – Evolução do abate de suínos no Brasil, 1997 à 2012	43
Gráfico 6 – Ranking e variação anual do abate de suínos, primeiros semestres de 2011 e 2012	43
Gráfico 7 – Evolução da quantidade de leite cru, resfriado e adquirido no Brasil, 1997 à 2011	45
Gráfico 8 – Ranking dos 10 maiores estados produtores de leite em 2011	46
Gráfico 9 – Industrialização do leite no Brasil.....	46
Gráfico 10 – Reservatório Rippl x Matéria-prima Processada.....	48
Gráfico 11 – Aproveitamento x Matéria-prima Processada	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição do consumo de água.	17
Tabela 2 – Consumo de água por indústria.	19
Tabela 3 – Resultados das análises e estatística descritiva dos dados.	32
Tabela 4 – Dados diários do consumo de água e potencial substituível.	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 ÁGUA	15
3.1.1 Usos da Água na Indústria	16
3.2 SUSTENTABILIDADE NO ÂMBITO ORGANIZACIONAL	19
3.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS INDUSTRIAIS.....	22
3.3.1 Sistema de aproveitamento de águas pluviais	25
3.3.2 Qualidade da Água	30
4 MATERIAIS E MÉTODOS	33
5 RESULTADOS E DISCUSSAO	37
5.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	37
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES E VIABILIDADE TÉCNICA	39
5.2.1 Abate de Aves	40
5.2.1 Abate de Suínos	42
5.2.2 Leites e Derivados	45
6 CONCLUSÃO	50
7 SUGESTÕES	52
ANEXO A	59

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida no planeta, sendo imprescindível à vida humana e primordial ao progresso da civilização que utiliza esse bem nas suas mais diversas atividades, como o abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, preservação da flora e fauna, paisagismo, dentre outros (GONÇALVES et al., 2006). Sendo que a atividade que mais demanda água é a agrícola, correspondendo a 70% do consumo de água no planeta, em seguida vem o uso industrial representado 20% e o doméstico com 10% (FERNANDES, 2003).

Dentre os problemas relacionados à disponibilidade hídrica no mundo três podem ser citados como os principais: a degradação dos recursos hídricos, o aumento exponencial e desordenado do consumo e o desequilíbrio entre a oferta e a demanda (BARROS, 2008). Neste contexto, tornam-se imprescindíveis estudos e desenvolvimento de alternativas que visem à conservação dos recursos hídricos como, por exemplo, a captação da água pluvial.

O aproveitamento da água da chuva pelas indústrias e residências vem sendo bastante discutido nos dias atuais como uma alternativa que contribui para a preservação dos recursos naturais, contudo Tomaz (2003) comenta que existem reservatórios que foram escavados a mais de 3.600 anos a.C, de onde era retirada a água para o cultivo de alimentos ou criação de animais e até mesmo para o próprio consumo humano. Porém esta prática foi se extinguindo com ascensão do atual sistema de abastecimento de água canalizada.

A utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais – SAAP contribui para a redução do consumo desnecessário de água potável, diminuindo gastos com água tratada, além de minimizar o risco de enchentes ocasionadas pela impermeabilização do solo em decorrência da urbanização.

Nesse sentido, o aproveitamento de águas pluviais para utilização industrial, onde a demanda de água é muito grande, mostra-se uma opção válida, por permitir o direcionamento da água potável somente para atender os usos mais nobres do setor industrial, já que as atividades menos restritivas podem ser supridas com águas de qualidade inferior. Tendo em vista que nos dias atuais atitudes de conservação dos recursos naturais e gestão ambiental no âmbito organizacional

tornaram-se uma necessidade diante das exigências impostas por barreiras éticas, sociais, culturais e políticas. O termo *desenvolvimento sustentável* está cada vez mais em evidência, seja pela necessidade de adequação dos modelos de produção, que tendem a tornarem-se cada vez mais eficientes, ou ainda pelas fortes pressões exercidas por parte da mídia, governos, movimentos ambientalistas ou mesmo da sociedade civil.

Sendo assim, o presente trabalho visa avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em diferentes setores industriais. Para isso, a capacidade de coleta e o volume de água foram quantificados e analisados para indústrias de Abate de Aves, Abate de Suínos e Laticínios do oeste do Paraná.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade da utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para diferentes setores industriais da região oeste do Paraná como alternativa sustentável no manejo dos recursos hídricos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar os componentes básicos para um sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso industrial;
- b) Levantar dados históricos relativos à precipitação e qualidade das águas pluviais da região oeste do Paraná;
- c) Dimensionar a cisterna para diferentes situações de consumo e analisar a viabilidade técnica do uso de SAAP's em diferentes segmentos industriais da região oeste do Paraná;
- d) Contribuir com a ampliação de estudos referente ao aproveitamento de água da chuva, visando o desenvolvimento do setor industrial sob as dimensões da sustentabilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ÁGUA

A água é um elemento fundamental para a existência e manutenção da vida no planeta Terra, por ser utilizada em inúmeras atividades humanas. De acordo com Von Sperling (1996), vários são os usos que podem ser feitos da água, dentre os quais se destacam o abastecimento doméstico e industrial, a irrigação, a dessedentação de animais, a recreação e o lazer.

Nas indústrias a água pode ser utilizada como matéria-prima ou em processos de resfriamento, higiene dos funcionários, limpeza de equipamentos, produção de vapor, sistemas anti-incêndios e outros. Sendo que para cada tipo de uso industrial, as exigências referentes à qualidade da água variam (MOTA, 1995).

Segundo Libânio (2008), a água é o composto inorgânico mais abundante na matéria viva, constituindo aproximadamente dois terços do corpo humano e até 98% de certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras. Para Macêdo (2004), esta substância pode ser considerada o solvente universal, devido a sua capacidade de dissolver a maioria das substâncias, o autor destaca ainda que esta é a propriedade mais importante para a vida, já que a absorção de substâncias e as reações metabólicas ocorrem sempre em meio aquoso.

A água cobre dois terços da superfície terrestre e desenvolve um ciclo contínuo que é ocasionado pela chuva, formada principalmente pela evaporação dos lagos, rios e oceanos (NEVES, 2007). Este ciclo é exemplificado na Figura 01. Além das peculiaridades já citadas, Branco (2003) atribui à água o trabalho de desgaste, redeposição e uniformização da crosta terrestre, proporcionando a característica alisada da superfície da Terra, quando comparada com outros planetas. A água é ainda uma espécie de regulador térmico do planeta, por apresentar calor específico elevado, exigindo que uma maior quantidade de energia seja fornecida ou retirada para variar sua temperatura.

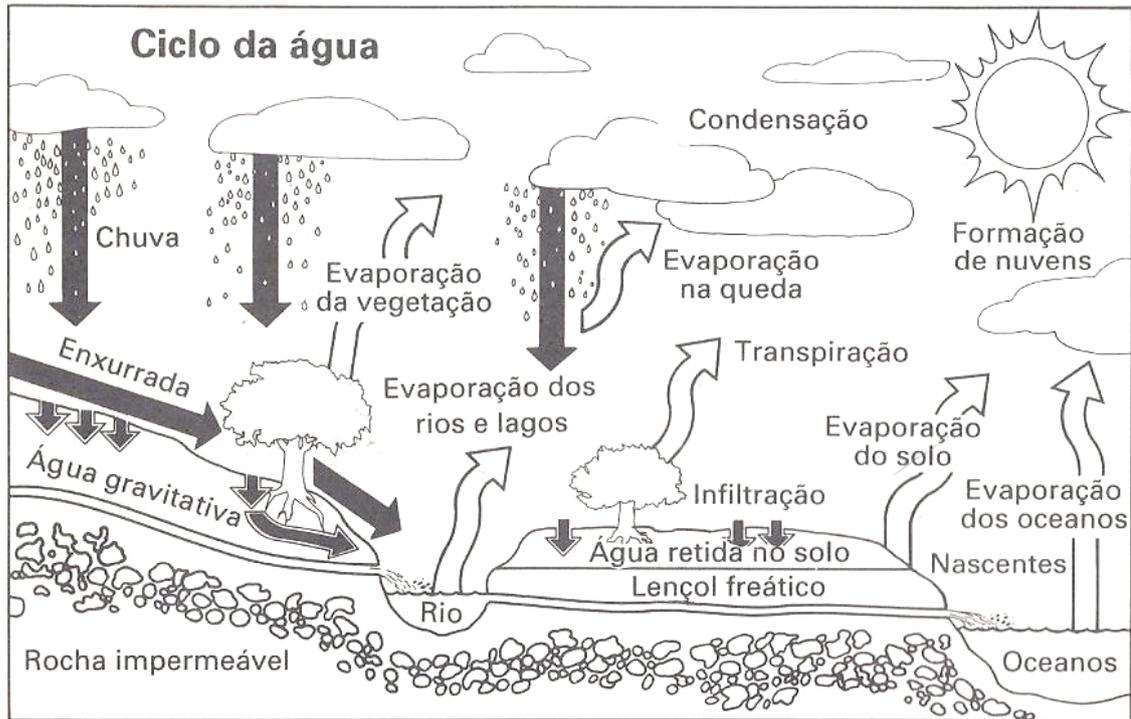


Figura 1 – Ciclo Hidrológico
Fonte: Branco (1993).

Acredita-se que a quantidade de água existente no planeta seja a mesma há aproximadamente três bilhões de anos, sendo que o que mudou foi a forma com que este recurso é encontrado (NEVES, 2007). O desenvolvimento urbano aliado às mudanças nos padrões de vida da população provocaram um aumento na demanda por recursos naturais, no Brasil e em outras partes do mundo este aumento não veio acompanhado da preservação de tais recursos, sobretudo da água (ASSUNÇÃO; CUNHA, 2009).

Neste sentido, Campos (2004) afirma que o crescimento populacional provocou um aumento na impermeabilização do solo urbano, contribuindo para o surgimento de problemas de drenagem, uma vez que as galerias pluviais se tornaram insuficientes causando constantes enchentes.

3.1.1 Usos da Água na Indústria

A água é um recurso natural fundamental às indústrias, que a utilizam em

seus mais diversos processos, e de acordo com a Sautchúk et al (2004), ela é geralmente usada nas seguintes atividades industriais:

Atividade	Utilização da Água
Consumo humano	Sanitários, cozinhas e refeitórios, bebedouros ou em qualquer outra atividade onde ocorra contato humano direto;
Matéria prima	Incorporada ao produto final, como por exemplo, as indústrias de bebidas, alimentos e fármacos;
Fluido auxiliar	Existem diversas aplicações para esta atividade, destacando-se as aplicações químicas como uso em reagentes e como veículo, ou ainda, em operações de lavagem;
Geração de energia	Fonte de energia cinética, potencial ou térmica que é transformada em energia mecânica, que por sua vez é transformada em energia elétrica;
Fluido de aquecimento e/ou resfriamento	Fluido de transporte de calor em situações que necessitem de aquecimento ou resfriamento, como em equipamentos que exijam algum controle de temperatura para desempenhar suas funções;
Outros usos	Sistemas anti-incêndio, irrigação de áreas verde, limpeza de automóveis e processos em geral

Quadro 1 – Aplicações da água nas indústrias.

Fonte: Adaptado de Sautchúk et al (2004).

Sendo assim a Tabela 1 apresenta dados internacionais da distribuição do consumo de água por atividade em diferentes indústrias. Contudo Sautchúk et al (2004), destaca que os valores usados podem estar desatualizados devido à constante modernização das tecnologias industriais, devendo ser considerados apenas como valores de referência.

Tabela 1 – Distribuição do consumo de água.

Segmento Industrial	Distribuição do Consumo de Água (%)			Soma RSC + USO (%)
	Resfriamento sem Contato (RSC)	Processos e Atividades Afins (PAA)	Uso Sanitário e Outros (USO)	
Carne enlatada	42	46	12	54
Abatimento e limpeza de aves	12	77	12	24
Laticínios	53	27	19	72
Frutas e vegetais enlatados	19	67	13	32

(continuação)

Segmento Industrial	Distribuição do Consumo de Água (%)			Soma RSC + USO (%)
	Resfriamento sem Contato (RSC)	Processos e Atividades Afins (PAA)	Uso Sanitário e Outros (USO)	
Frutas e vegetais congelados	19	72	8	27
Moagem de milho úmido	36	63	1	37
Açúcar de cana-de-açúcar	30	69	1	31
Açúcar de beterraba	31	67	2	33
Bebidas maltadas	72	13	15	87
Indústria têxtil	57	37	6	63
Serrarias	58	36	6	64
Fábricas de celulose e papel	18	80	1	19
Cloro e Álcais	85	14	1	86
Gases Industriais	86	13	1	87
Pigmentos inorgânicos	41	58	1	42
Produtos químicos inorgânicos	83	16	1	84
Materiais plásticos e resinas	93	7	0	93
Borracha sintética	83	17	0	83
Fibras de celulose sintéticas	69	30	1	70
Fibras orgânicas não celulósicas	94	6	0	94
Tintas e pigmentos	79	17	4	83
Produtos químicos orgânicos	91	9	1	92
Fertilizantes nitrogenados	92	8	0	92
Fertilizantes fosfatados	71	28	1	72
Negro de fumo	57	38	6	63
Refinaria de petróleo	95	5	0	95
Pneus	81	16	3	84
Cimento	82	17	1	83
Aço	56	43	1	57
Fundição de ferro e aço	34	58	8	42
Cobre primário	52	46	2	54
Alumínio primário	72	26	2	74
Automóveis	28	69	3	31

Fonte: Adaptado de Van Der Leeden; Troise; Todd (1990 apud Sautchúk et al 2004).

Observa-se que a água é indispensável nos mais diversos ramos de atividades e está presente na maioria dos processos industriais, sendo que em todos os casos da Tabela 1 o somatório do RSC com o USO demonstraram uma boa capacidade de substituição de água potável por outra de qualidade inferior, pois estes processos não utilizam água em contato direto com o produto final. Para se estimar a demanda de água nos diferentes setores são necessários alguns valores de referencia, conforme os apresentados na Tabela 2, que relacionam o consumo de água em função da matéria prima processada em alguns setores industriais.

Tabela 2 – Consumo de água por indústria.

Indústria	Consumo
Papel	15 a 100 m ³ /t
Couro	12 a 37 m ³ /t
Charque	2,9 m ³ /t
Embutidos	2 a 20 m ³ /t
Abatedouro e Frigorífico Bovino	0,5 a 3,9 m ³ /cbç
Abatedouro e Frigorífico Suíno	0,5 a 1,5 m ³ /cbç
Abatedouro de Aves	0,03 m ³ /cbç
Serviços Gráficos	0,17 a 9 m ³ /t
Cerâmica	0,2 a 3,4 m ³ /t
Cervejaria	4 a 7 m ³ /m ³
Leite e Derivados	1,0 a 6,0 m ³ /t
Refinaria de Petróleo	0,7 a 1,2 m ³ /m ³

Fonte: Adaptado de CETESB (2005; 2008; 2009); Brasil (1998); Diepolder (1992 *apud* Pombo 2011).

3.2 SUSTENTABILIDADE NO ÂMBITO ORGANIZACIONAL

O movimento pelo desenvolvimento sustentável pode ser considerado um dos movimentos sociais mais importantes deste início de século e milênio (BARBIERI, 2010). Tal fato pode ser considerado um indicativo de aprimoramento da sociedade e modelos de produção, pois o termo sustentabilidade ganhou lugar de destaque no contexto empresarial (CARVALHO; MONZONI, 2010).

A adesão ao desenvolvimento sustentável ocorreu inicialmente de fora para dentro das organizações frente às críticas e objeções quanto ao papel das empresas no processo de degradação social e ambiental do planeta feitas pela mídia, governos, movimentos sociais e ambientalistas. Como resposta surgiram novos modelos organizacionais considerados mais adequados, como as organizações inovadoras sustentáveis (BARBIERI, 2010). De acordo Barbieri (2007), uma organização inovadora “é a que introduz novidades de qualquer tipo em bases sistemáticas e colhe os resultados esperados”, já as organizações sustentáveis são aquelas que conseguem atingir simultaneamente a eficiência em termos econômicos, ambientais e sociais. Ainda para o autor, esses conceitos de organização podem divergir, “pois inovar em bases sistemáticas pode se tornar sinônimo de degradação sistemática do meio ambiente e da vida social”. Sendo

assim, as organizações inovadoras sustentáveis são aquelas que oferecem novidades em termos de produtos e serviços que atendam às múltiplas dimensões da sustentabilidade.

Neste sentido Lima (2007) afirma que:

"O desenvolvimento das sociedades organizadas e seus meios de acumulação de capital social, não têm demonstrado a mesma eficiência em relação ao capital industrial e financeiro, acarretando como consequência um descompasso no equilíbrio das forças que regem o sistema. A clássica preocupação com os aspectos econômicos e financeiros como a obtenção do lucro, expansão de mercado, a fixação da marca, e a distribuição de dividendos, já não garantem necessariamente, por si só, uma gestão eficiente e perene. Os movimentos sistematizados mundialmente pela qualidade, meio ambiente, saúde e segurança no trabalho e recentemente pela responsabilidade social demonstram a resposta da sociedade organizada perante esta situação".

Sendo assim, as empresas devem considerar tais dificuldades como fonte de oportunidades e inovação, para isso o foco deve ser estratégico e de longo prazo, já que mais cedo ou mais tarde os aspectos socioambientais refletirão na contabilidade, no valor econômico e de mercado da empresa, o que torna a sustentabilidade fator decisivo em sua longevidade (IBG, 2007).

O conceito mais usado para descrever o desenvolvimento sustentável no âmbito empresarial é o Triple Bottom Line (TBL), conhecido como o tripé da sustentabilidade por estar associado a três macroobjetivos: a geração de valor econômico, que está relacionada a resultados financeiros positivos; a responsabilidade ambiental, que prega a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais; e a responsabilidade social, contemplando o compromisso das empresas no desenvolvimento social (PEDROSO; ZWICKER, 2007). Os três pilares da sustentabilidade corporativa são representados na Figura 2.

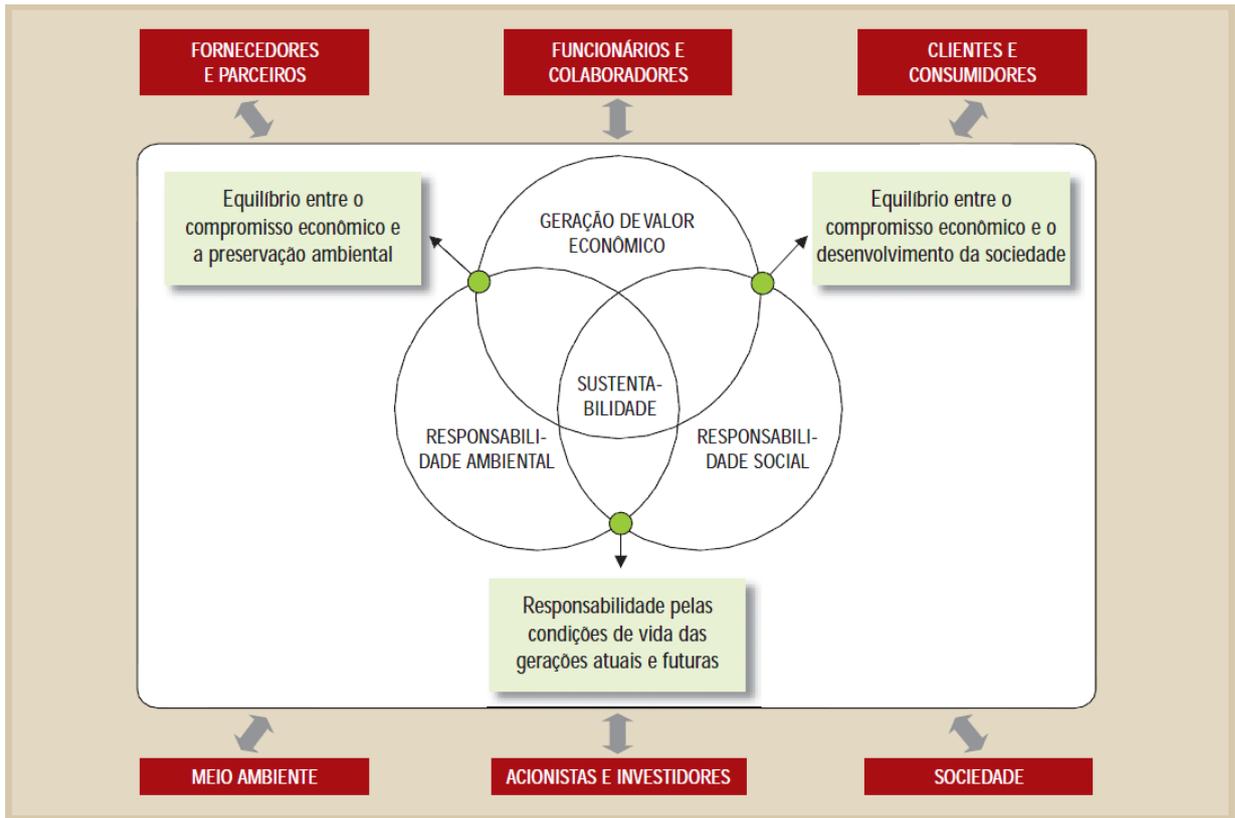


Figura 2 - Conceito de sustentabilidade corporativa
 Fonte: Pedroso (2007).

Baseados na ideia do TBL foram criados os princípios orientadores SIGMA (Sustainability - Integrated Guidelines for Management) que têm o intuito de proteger e aperfeiçoar cinco tipos de capital: o natural, o social, o humano o construído e o financeiro, conforme a Figura 3. Na abordagem dos cinco capitais o capital natural é enfatizado, sendo o capital financeiro somente uma expressão do valor de outros tipos de capital. Contudo os dois modelos se sobrepõem conforme apresentado no Quadro 1 (IBGC, 2007). No que diz respeito à sustentabilidade nas organizações

Pedroso (2007), comenta que o tema não é apenas uma tendência empresarial ou então simplesmente ações que visem à melhoria da reputação das empresas, mas sim uma necessidade imposta pela sociedade, exigindo que os princípios da sustentabilidade sejam incorporados nos mais diversos processos e operações. Dentre as diferentes soluções para se atingir a sustentabilidade empresarial, destaque-se o aproveitamento de água da chuva pelas vantagens econômicas e ambientais, além da simplicidade de implantação (BERTOLO, 2006).

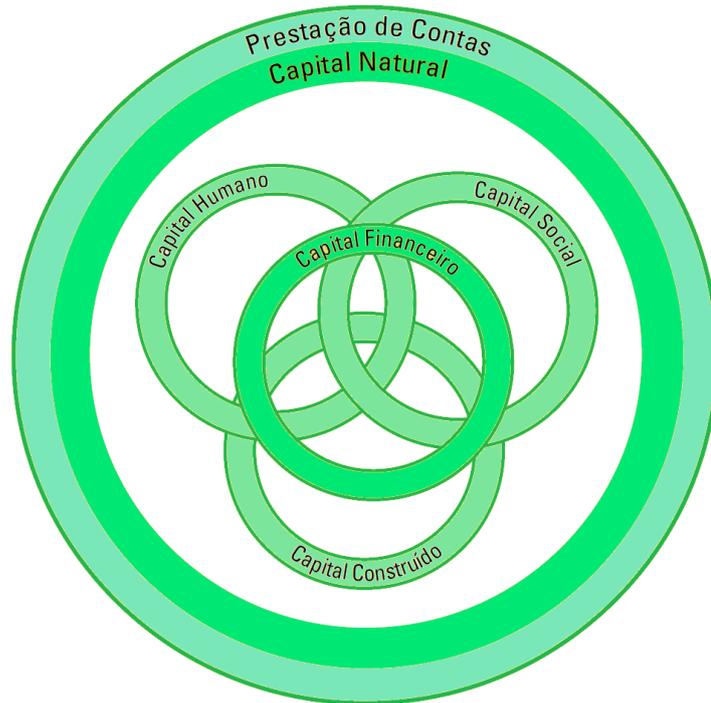


Figura 3 - Princípios SIGMA
Fonte: SIGMA (2003).

Dimensões do Triple Bottom Line	Cinco Capitais
Econômico	Financeiro
	Econômico
Social	Humano
	Social
Ambiental	<u>Natural</u>

Quadro 2 - Diferentes abordagens do desenvolvimento sustentável
Fonte: Adaptado do IBGC (2007).

3.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS INDUSTRIAIS

Para Fiori (2006), preservar a água potável destinando-a exclusivamente para atividades que exijam a sua potabilidade é a principal vantagem da utilização de águas de qualidade inferior como a pluvial, que mesmo sendo inapropriada para o consumo humano pode ser empregada em atividades menos restritivas como as industriais.

A captação de água da chuva, não é uma invenção nova, é uma prática

muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, proporcionando a captação de água de boa qualidade, de maneira simples e efetiva em termos da relação custo-benefício. No Brasil, no nordeste semi-árido, em ilhas como Fernando de Noronha e em todos os locais onde não existe rede de abastecimento ou esta ainda não supre a demanda integralmente, a água da chuva já vem sendo aproveitada à algum tempo (OLIVEIRA, 2005).

Neste sentido Carlon (2005) afirma que, apesar da captação da água da chuva ser uma técnica muito antiga ela foi sendo abandonada ao longo do tempo, à medida que os sistemas atuais de abastecimento água foram se expandindo. O resgate desta prática, aliada a utilização de novas tecnologias que viabilizem a implantação do sistema mostra-se fundamental nos dias de hoje. Alguns dos principais exemplos de aproveitamento de água da chuva encontram-se atualmente na Alemanha, nos Estados Unidos da América, Japão, Hong Kong, Malásia, Índia, Austrália e no Semi-Árido do Nordeste do Brasil (BERTOLO, 2006).

Na Europa, principalmente na Alemanha, são muitos os exemplos do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias para uso de água da chuva em áreas urbanas. Um exemplo é o caso da Volkswagen, que utiliza a água da chuva nas torres de resfriamento em várias unidades de produção na Alemanha e na Polônia, suprimindo 10% da sua demanda total de água. O Centro de Manutenção da Lufthansa-Technik, em Hamburgo na Alemanha, utiliza a água da chuva principalmente em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pintura, substituindo até 60% da demanda anteriormente suprida integralmente por água canalizada (SICKERMANN apud CARLON, 2002).

No semiárido Brasileiro, existem várias experiências de tecnologias de sucesso de captação e manejo de água de chuva para uso humano, para a criação de animais e produção de alimentos, na maioria dos casos o sistema é desenvolvido por agricultores familiares (GNADLINGER, 2011). Carvalho (2011) comenta ainda, que nesta mesma região existem projetos de incentivo à execução de sistemas visando o aproveitamento de águas pluviais, como o Projeto um Milhão de Cisternas (P1MC) do Governo Federal, desenvolvido com o objetivo de garantir o fornecimento de água à população nos períodos de seca.

De acordo com a ASA (2011) o P1MC está promovendo à população do semiárido brasileiro uma relação de convivência sustentável com seu ecossistema. O objetivo do programa é beneficiar cerca de cinco milhões de pessoas,

proporcionando 16 bilhões de litros de água potável para beber e cozinhar. Dentre os diversos prêmios recebidos pelo projeto destacam-se o Prêmio Direitos Humanos 2010, na categoria, Enfrentamento à Pobreza, concedido pela Presidência da República, e o Prêmio Sementes da Organização das Nações Unidas (ONU).

Algumas importantes capitais estaduais, como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba instituíram legislações que torna obrigatória a construção de reservatórios para acumulação de águas pluviais em certos empreendimentos. Essas leis foram criadas, a princípio, para minimizar os problemas relacionados às enchentes causadas pela insuficiência das galerias pluviais (CARVALHO, 2007).

No Brasil algumas empresas também já adotam o sistema de aproveitamento das águas pluviais promovendo a sustentabilidade da empresa, que aumenta a eco eficiência do seu processo, além de reduzir os gastos com água tratada. Alguns casos que prosperaram são o da Ford do Brasil, que utiliza água da chuva em alguns de seus processos internos, e o da Keko fabricante de acessórios metálicos para automóveis (CARLON, 2005). Segundo o site da empresa, a Coca-Cola Brasil (2011) adotou em 2004 um plano de aproveitamento de águas pluviais para uso em seus processos, o programa que visa atingir 37 unidades da empresa já está sendo executado em 13 desde 2006, captando 147.000m³ de água da chuva que gera uma economia de US\$ 315.000,00 Dólares até então. De acordo com a Spaipa (2011), parte da água que cai no telhado da fábrica é capturada e armazenada juntamente com águas de outras fontes, para futuro tratamento e uso no processo, conforme a Figura 4.

Outro caso de sucesso na implantação de um SAAP é o da Cooperativa Agroindustrial Coopavel, localizada no município de Cascavel no oeste do PR, que substituiu 5,1% da sua demanda de água potável por água de chuva, destacando ainda que a cooperativa processa aves, suínos, bovinos, grãos e leite, consumindo 6,5 milhões de litros de água que eram retirados de poços artesianos. De acordo com a empresa os principais benefícios gerados pelo sistema são do ponto da conservação dos recursos hídricos, sendo observado também à conscientização dos colaboradores, associados e comunidade quanto à educação ambiental destacando a importância da água (COOPAVEL, 2012).

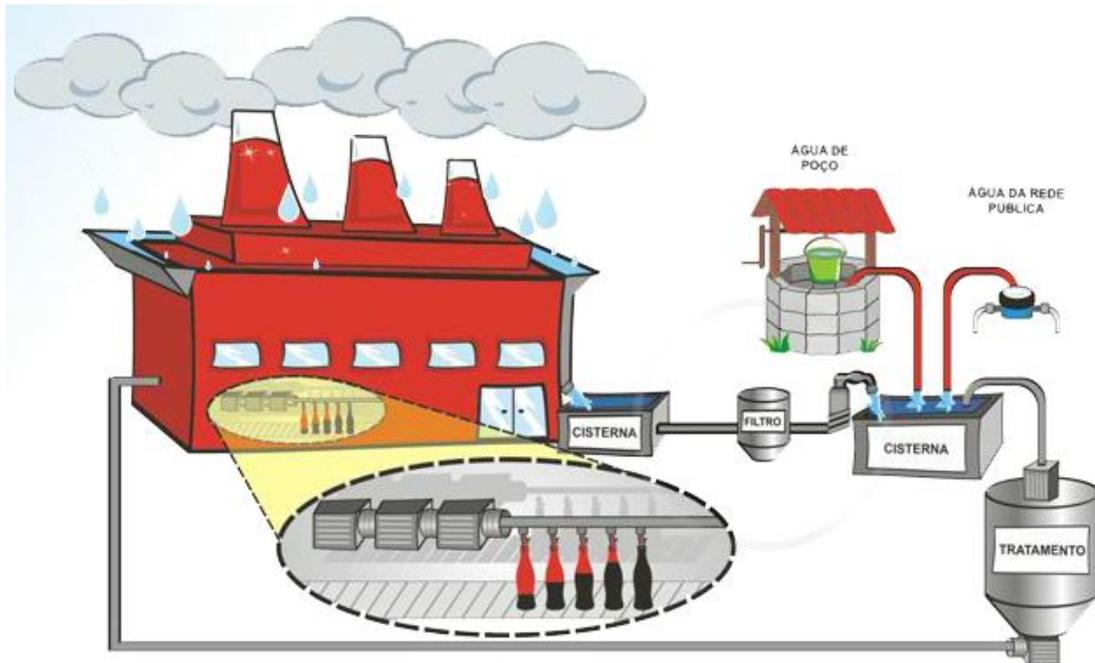


Figura 4 - Sistema de aproveitamento de água da chuva na Coca-Cola
 Fonte: Spaipa (2011).

3.3.1 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Segundo a ANA (2005), um sistema de aproveitamento de águas pluviais consiste em coletar a água da chuva através de áreas impermeáveis como telhados, pátios, ou áreas de estacionamento, sendo, em seguida, encaminhada a reservatórios de acumulação, ou sistema similar, devendo, ou não, passar por unidades de tratamento dependendo da aplicação desta água. Conforme o esquema da Figura 5.

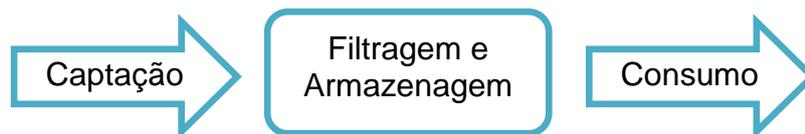


Figura 5 - Esquema básico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais
 Fonte: Adaptado de 3P Technik (2011).

Para Tomaz (2003), os componentes principais de um sistema de coleta

de águas pluviais são: a) áreas de captação, geralmente telhados; b) calhas e condutores, geralmente em PVC ou metal; c) dispositivo de descarte da chuva inicial, first flush; d) pré filtro, para separação de folhas e outras sujidades; e) reservatório de água (cisterna); f) extravasor, este item deve possuir dispositivo que impeça a entrada de pequenos animais;

A 3P Technik do Brasil (2011) divide o aproveitamento de águas pluviais em cinco etapas, sendo elas: captação, filtragem, armazenagem, uso e realimentação do sistema de abastecimento. Este processo é melhor exemplificado na Figura 6.

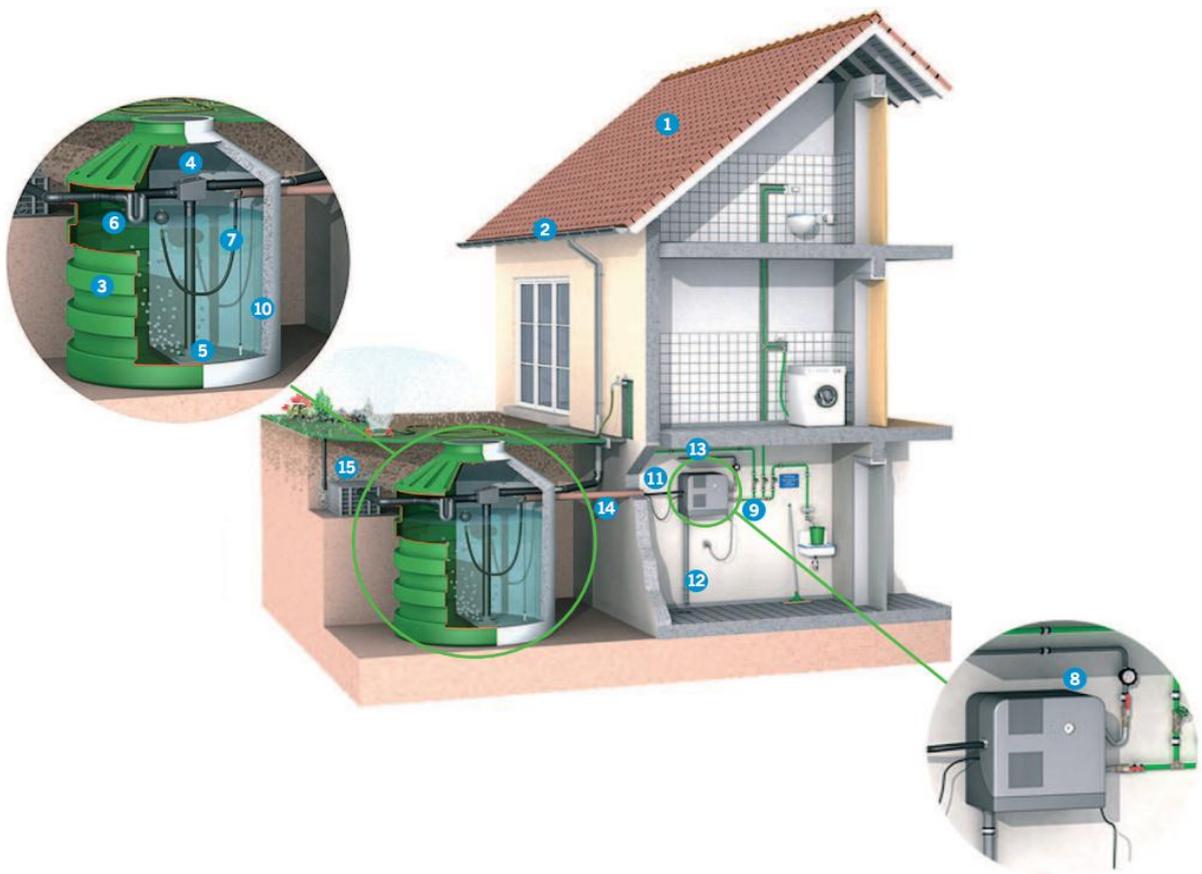


Figura 6 - Esquema típico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais
 Fonte: Aqua España (2011).

Explicando o esquema apresentado na Figura 6, de acordo com Aqua (2011), a água que escoa pelo telhado (01) é captada pelas calhas (02) e conduzida por dutos até o tanque de armazenagem (03), antes de entrar na cisterna a água

passa por um filtro (04) e por um sistema anti turbulência (05). A cisterna deve contar ainda com um sistema extravasor (06). Além de captar a água armazenada mais superficial a bóia filtro (07) é responsável pela retenção de pequenos sólidos em suspensão, a sucção é proporcionada por uma bomba ligada ao equipamento de controle (08), que encaminha a água pelos dutos (11). Em caso de estiagem, um sensor de nível (10) informa ao equipamento de controle (08) que a água da rede de fornecimento convencional (09) deve ser acionada e conduzida através do tubo (13), em caso de sobrecarga do sistema o elemento (12) atua como um extravasor. A função do duto (14) é proteger e guiar o sistema de recalque e o ponto (15) é destinado à drenagem.

O sistema de controle e os componentes da cisterna, como o filtro, filtro-bóia, sifão ladrão (extravasor), sensor de nível e outros, podem ser melhor visualizados na Figura 7.



Figura 7 - Exemplo de construção com sistema de aproveitamento de água pluvial
Fonte: 3P Technik (2011).

Cerca de cinquenta empresas europeias são especializadas na fabricação de equipamentos para coleta, filtragem e armazenamento de água da chuva. Só na

Alemanha, cerca de cem mil sistemas de captação são instalados por ano, sendo que a maioria das novas construções adota o sistema, em alguns municípios existem incentivos por parte dos órgãos municipais (CARLON, 2005). A Figura 8 apresenta um exemplo dessas construções, com destaque para a simplicidade do sistema de filtragem (A) e eliminação da chuva inicial (B).



Figura 8 - Exemplo de construção com sistema de aproveitamento de água pluvial
Fonte: Harvesting (2011).

As figuras apresentadas demonstram uma série de componentes e dispositivos que podem ser usados dependendo do projeto, no entanto cabe ao projetista determinar quais deverão estar presentes no sistema, conforme a Figura 5 a água sempre deve passar por um sistema de filtragem antes de ser armazenada, sendo assim o filtro é um importante e indispensável elemento do sistema. Existem diversos modelos de filtros disponíveis no mercado, contudo o mais utilizado e facilmente encontrado no Brasil é o filtro volumétrico (Figura 9), sua principal finalidade é remover os sólidos grosseiros como galhos e folhas presentes na água, garantindo sua integridade e a dos demais dispositivos.

Este tipo de filtro é auto-limpante, ou seja, remove continuamente a sujeira separada da água, o que confere a ele reduzida manutenção, sendo que o

conjunto filtrante pode ser removido com facilidade para limpeza. O dispositivo mostra um alto grau de eficiência independente da vazão do sistema.

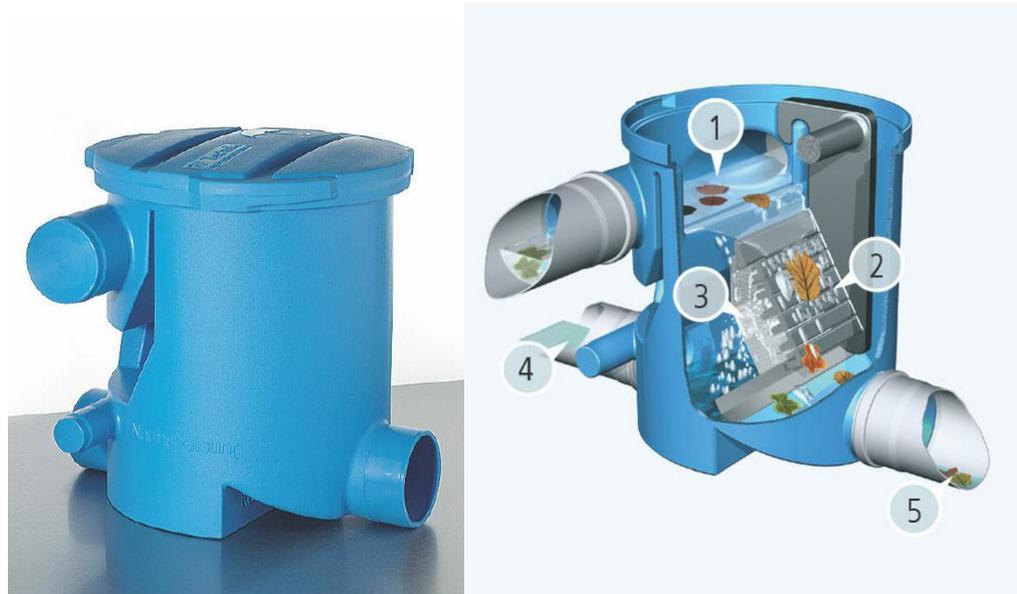


Figura 9 - a) Filtro volumétrico VF1; b) Representação geral do sistema de filtragem
Fonte: 3P Technik (2012).

De acordo com a Figura 9b, o filtro volumétrico funciona da seguinte maneira:

- 1) A água de chuva ao chegar no filtro é freada na represa superior, sendo conduzida às cascatas;
- 2) A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa desce pelas cascatas e vai direto para a galeria pluvial/de esgoto;
- 3) A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa então pela tela abaixo das cascatas. Graças ao formato e posição da tela a sujeira fina por ela retida é também encaminhada para a canalização de descarte;
- 4) A água limpa se encaminha para a cisterna;
- 5) A sujeira vai para a canalização pluvial ou de esgoto (3P Technik, 2012).

O filtro ilustrado é o mais comercializado principalmente para instalações prediais, já que atende á necessidade de um telhado de no máximo 350m². Este modelo já vem pronto para ser instalado, contudo existem os filtros volumétricos

industriais (Figura 10a) que se baseiam no mesmo princípio de funcionamento diferenciando-se, além do tamanho e capacidade, na forma em que é disponibilizado, sendo comercializado apenas o elemento filtrante devendo receber um abrigo em alvenaria construído no local, conforme a Figura 10b.



Figura 10 – a) Filtro VF6; b) Filtros VF6 instalados em caixa de alvenaria
Fonte: ECOhabitat (2012).

Além do volumétrico existe outro tipo de filtro também produzido pela 3PTechnik, o Hydrosystem, fabricado no padrão para bueiros já vem pronto para ser instalado, dispensando a caixa em alvenaria. Este dispositivo é indicado para casos onde é exigido maior rigor na qualidade da água, seu princípio de funcionamento constitui-se das operações básicas de sedimentação, adsorção, filtração e precipitação química. Os elementos filtrantes são facilmente substituídos e devem trocados a cada dois anos.

3.3.2 Qualidade da Água

Para Mustafa (1998), a água é um fluido muito utilizado em processos produtivos graças a sua boa capacidade de troca térmica e ótima solvência, segundo Trovati (2004), dentre suas mais diversas aplicações pode-se destacar o

uso como agente de aquecimento e resfriamento em processos de troca térmica, contudo essa água deve apresentar certos padrões de qualidade a fim de evitar a formação de incrustações, minimizar a corrosão e controlar o desenvolvimento microbiológico. Diante disso, torna-se necessário se obter indicadores físicos, químicos e biológicos para avaliar a qualidade da água, esses parâmetros se conservados dentro dos limites estabelecidos permitem determinar os usos para esta água (MOTA, 1995).

De acordo com May (2004), a concentração de poluentes presentes na atmosfera influencia a composição da água da chuva coletada, já que ao atravessar a atmosfera ela absorve diversas partículas, levando consigo materiais pesados, que se depositarão no fundo da cisterna formando uma espécie de lama, permitindo o desenvolvimento de microrganismos vindos do telhado e encanamentos. Devido a isso alguns cuidados devem ser tomados, recomenda-se evitar a entrada de luz no reservatório, manter a tampa de inspeção hermeticamente fechada e realizar a limpeza ao menos uma vez por ano (TOMAZ, 2003).

O uso negligente da água proveniente de fontes ou sistemas alternativos pode implicar em alguns riscos atribuídos a baixa qualidade (ANA, 2005). Devido a isso, o uso da água pluvial requer certo controle da qualidade e tratamento, a fim de preservar a saúde humana e manter a integridade dos componentes, tanto do sistema de coleta e armazenamento, quanto dos equipamentos que utilizam a água (GIACCHIN, 2010).

No que diz respeito à qualidade da água da chuva no município de Medianeira – PR, Cunha e Schulz (2010) concluíram em sua pesquisa que os resultados de todos os parâmetros analisados estavam de acordo com os valores estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05, viabilizando o seu uso no que diz respeito ao aspecto qualidade. As amostras de água da chuva foram coletadas no campus da UTFPR-MD, onde foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, sólidos totais dissolvidos, salinidade, condutividade elétrica, turbidez e dureza. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos nas análises, sendo que os autores concluíram que esta água pode ser aproveitada em sistemas de refrigeração e geração de vapor, no entanto o pH foi considerado ácido para tal uso, pois ficou abaixo de 6,9, devendo então receber um ajuste.

Tabela 3 – Resultados das análises e estatística descritiva dos dados.

Parâmetro	Média	Desvio Padrão	C.V.* (%)	Mínimo	Máximo
pH	6,43	0,44	6,91	5,70	7,15
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	13,25	21,39	161,45	1	65
Salinidade	0,01	0,02	180,53	0	0,06
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	27	42,59	157,76	1	130
Turbidez (NTU)	3,43	5,72	166,92	0,3	17,1
Dureza	0	-	-	-	-

Fonte: CUNHA; SCHULZ (2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com relação à natureza deste trabalho, pode-se afirmar que trata-se de uma pesquisa básica que visa gerar novos conhecimentos úteis para o desenvolvimento da ciência, sem aplicações práticas previstas, envolvendo interesses universais. A pesquisa pode ainda ser considerada do ponto de vista da forma de abordagem do problema como quantitativa, já que os tópicos abordados serão quantificados em números para posterior classificação e análise (SILVA; MENEZES, 2001).

Em relação aos seus objetivos esta pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois busca conhecer mais profundamente o problema em questão, permitindo construir hipóteses baseadas em levantamentos bibliográficos, pesquisas documentais e experimentais (GIL, 2002).

Para esta pesquisa foram usados dados meteorológicos referentes ao município de Medianeira – Paraná, que de acordo o IBGE (2010), situa-se a 25°17'40", latitude Sul e a 54°05'30", longitude Oeste. A superfície do Município é de 314,632 km², correspondendo a 0,2% da área do Estado. Está localizado no Oeste paranaense e sua população é de 41.830 habitantes. Entre as atividades econômicas desenvolvidas no Paraná, destacam-se a agricultura e a pecuária, além de um setor industrial em franca expansão. As principais indústrias paranaenses são a agroindústria, a de papel e celulose, a de fertilizantes, e mais recentemente a automobilística e a de eletroeletrônicos.

Esta pesquisa tomou por base a metodologia proposta pela ANA (2005) para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial, que envolve as seguintes etapas: I) Determinação da precipitação média local (mm/mês); II) Determinação da área de coleta; III) Determinação do coeficiente de escoamento superficial; IV) Projeto do reservatório de descarte ou sistema similar (first flush); V) Projeto do reservatório de armazenamento; VI) Estabelecimento do sistema de tratamento necessário; VII) Projeto dos sistemas complementares (filtros, tubulações, etc.).

Quanto aos sistemas de aproveitamento da água de chuva, as diretrizes do projeto e dimensionamento estão prescritas na Norma Brasileira NBR, 15.527 – Água da Chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não

potáveis, publicada em 2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Tal norma apresenta os requisitos para o aproveitamento da água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (CARVALHO, 2007). Sendo assim, para dimensionar o reservatório foram utilizados dois métodos a fim de compará-los: o método Rippl por ser o mais usado nos trabalhos referente ao tema em estudo e o método Azevedo Neto por ser considerado o método prático brasileiro, ambos apresentados na NBR 15.527.

Segundo Tomaz (2003), o volume de água precipitada não é igual ao volume captado, pois uma parte da água é perdida devido às características da área de coleta, limpeza do telhado, evaporação e outros fatores. Para efeito de cálculo, usa-se então, um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de *Runoff.*, sendo o melhor valor a ser adotado $C=0,80$.

O método Rippl é também chamado de método do Diagrama de Massas e consiste em determinar o volume do reservatório com base no volume de água captada e na demanda consumida, através de séries históricas diárias ou mensais. Este método segue o seguinte modelo matemático:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ Somente para valores de } S_{(t)} > 0 \quad (3)$$

Sendo que:

$$\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

$S_{(t)}$ é o volume no reservatório no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

$S_{(t)}$ é a precipitação no tempo t ;

C é o coeficiente de escoamento superficial, *runoff*;

V é o volume do reservatório;

O método Azevedo Neto determina o volume do reservatório por meio da

Equação 4.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

(4)

Onde:

P é o valor numérico da precipitação anual (mm);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta em projeção (m²);

V é o volume de água aproveitável e o volume do reservatório (litros);

Por meio do levantamento bibliográfico acerca do tema em questão, buscou-se identificar as principais indústrias presentes na região oeste do Paraná e verificar o consumo de água em diferentes setores produtivos. Estas informações foram necessárias para selecionar quais indústrias seriam analisadas, o que tornou possível pesquisar mais a fundo o consumo de água em cada setor, a fim de determinar o volume de água usado em seus processos que pode ser substituído por água da chuva. Realizou-se ainda um levantamento documental da área útil do telhado para captação das águas pluviais, através das plantas baixas e informações disponibilizadas pelas indústrias.

Sendo assim, foram realizados cálculos para estimar o volume de água captada nos telhados das diferentes indústrias, o que permitiu comparar a quantidade de água substituída em cada caso. Estas estimativas foram realizadas com base na equação 5, disposta na NBR 15.527.

$$V_c = P \times A \times C \tag{5}$$

Onde

V_c = Volume médio anual de água (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta em projeção (m²);

C = Coeficiente de *Runoff*.

Com a finalidade de verificar a eficiência dos reservatórios foram realizados cálculos conforme Tomaz (2003), onde a eficiência será calculada pela relação entre os meses que falta água no reservatório e os meses do período analisado.

5 RESULTADOS E DISCUSSAO

5.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para dimensionar e analisar um SAAP é de suma importância conhecer o histórico da incidência de chuva na região, por isso nesta pesquisa foram levantados dados referentes à precipitação mensal ao longo de vinte e um anos (1990 a 2010), pois quanto maior o horizonte maior a confiabilidade dos resultados. Os dados pluviométricos usados no estudo foram obtidos junto à Cooperativa Agroindustrial Lar, através do laboratório de sementes lotado na unidade de Medianeira, que mantém um banco de dados referente ao índice pluviométrico diário na unidade.

Os dados foram tabulados em uma planilha no software Microsoft Excel, onde foram calculadas as precipitações médias em cada mês e a precipitação anual nos vinte e um anos, possibilitando confeccionar o Gráfico 1 e o Gráfico 2.

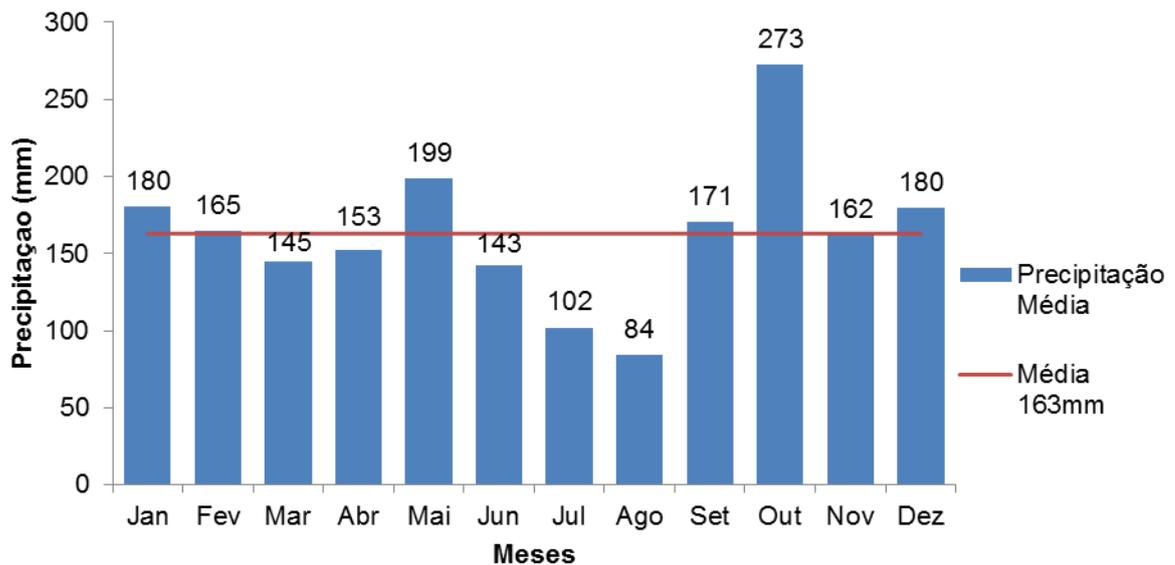


Gráfico 1 – Precipitação média no município de Medianeira
 Fonte: Adaptado de Lar (2012).

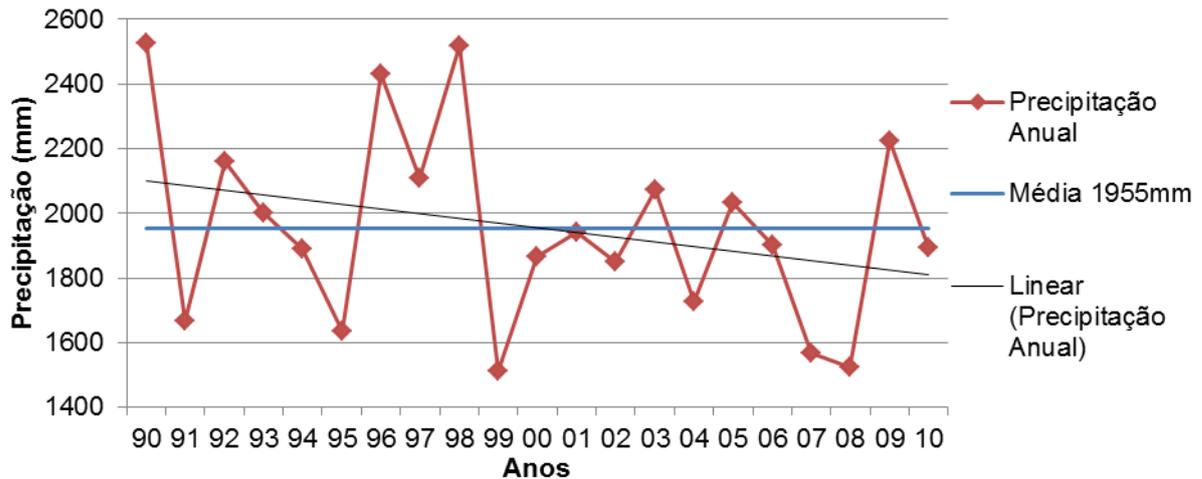


Gráfico 2 – Precipitações anuais do município de Medianeira
 Fonte: Adaptado de Lar (2012).

Por meio dos gráficos apresentados pode-se verificar que o mês em que menos chove no município é agosto, com uma precipitação média de 84 mm. Já o mês de outubro foi o que apresentou maior volume de chuva com 273 mm, a precipitação média mensal calculada foi 163 mm/mês. O ano em que menos choveu foi 1999 e o que mais choveu 1990, com 1512 mm e 2526 mm respectivamente, e uma média anual de 1955 mm, além disso, a linha de tendência mostra um coeficiente de inclinação negativo na ordem de -14,522 e $R^2=0,0888$, ou seja, o volume de chuva está diminuindo ao longo dos anos. Tal fato reforça o alerta para medidas de conservação dos recursos hídricos na região.

Como forma de avaliar a viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva para fins industriais, procurou-se estimar a capacidade de captação nos telhados com base nos dados pluviométricos do município de Medianeira – PR. Com a Equação 5 e adotando um coeficiente de *runoff* igual a 0,8, foi possível estimar o volume de água captado por m^2 de telhado em diferentes condições: o ano mais chuvoso com uma capacidade de coleta de aproximadamente $2.021 \text{ litros.m}^{-2}$, o menos chuvoso com uma coleta de $1.210 \text{ litros.m}^{-2}$, e o valor médio de precipitação anual, que foi empregado no dimensionamento para os casos das indústrias, com um volume captado de $1.564 \text{ litros.m}^{-2}$.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES E VIABILIDADE TÉCNICA

Foram escolhidos da Tabela 1 e da Tabela 2 os setores destacados no quadro a seguir, tomando como base para a escolha a representatividade e importância econômica e social na região.

Indústria	Consumo médio de água	Consumo substituível (%)
Abate de Aves	0,03 m ³ /ave	24
Abate e Frigorífico Suíno	1,00 m ³ /cbç	-
Leite e Derivados	3,50 m ³ /t	72

Quadro 3 – Indústrias escolhidas
Fonte: Autor (2012).

As indústrias que trabalham com o abate de animais podem ser divididas em três partes, que podem ou não contemplar todas, sendo elas: o abate, o frigorífico e a graxaria. De acordo com a CETESB (2008), a água demandada pelo setor de abate é utilizada principalmente para: Consumo e lavagem dos animais; Lavagem dos caminhões; escaldagem e “toilette” para suínos; lavagem de carcaças, vísceras e intestinos; movimentação de subprodutos e resíduos; limpeza e esterilização de facas e equipamentos; limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas; geração de vapor; resfriamento de compressores.

Já o setor de frigoríficos utiliza água principalmente nas seguintes atividades: limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas; limpeza e esterilização de facas e equipamentos; operações de industrialização da carne, como eventuais descongelamento e lavagem da carne, cozimento, pasteurização, esterilização e resfriamento; transporte de subprodutos e resíduos; geração de vapor; resfriamento de compressores e condensadores.

E os principais consumos de água do setor de graxarias são para: limpeza de pisos, paredes e equipamentos; eventuais sistemas de resfriamento de compressores e condensadores; geração de vapor; lavagem dos

caminhões/veículos de matérias primas; transporte de subprodutos e resíduos.

São muitas as aplicações da água por estes setores e grande parte delas não exige elevados padrões de qualidade, permitindo a substituição por água da chuva, que demonstram uma boa qualidade para o uso industrial. Os laticínios demonstram uma grande capacidade de substituição, podendo atingir 72% da água demandada, o que torna válido a realização de estudos referente à gestão dos recursos hídricos nesses setores.

5.2.1 Abate de Aves

A escolha do segmento de Abate de Aves justifica-se pela sua importância econômica para o país, segundo o IBGE (2012), foram abatidos no Brasil 1,363 bilhão frangos somente no 1º trimestre de 2012, o que representa um aumento de 3,2% em relação ao trimestre anterior, e 4,3% em relação ao mesmo período de 2011. O Gráfico 3 apresenta o abate de frango dos últimos quinze anos no país, sendo possível perceber um aumento de abates nos últimos três anos.

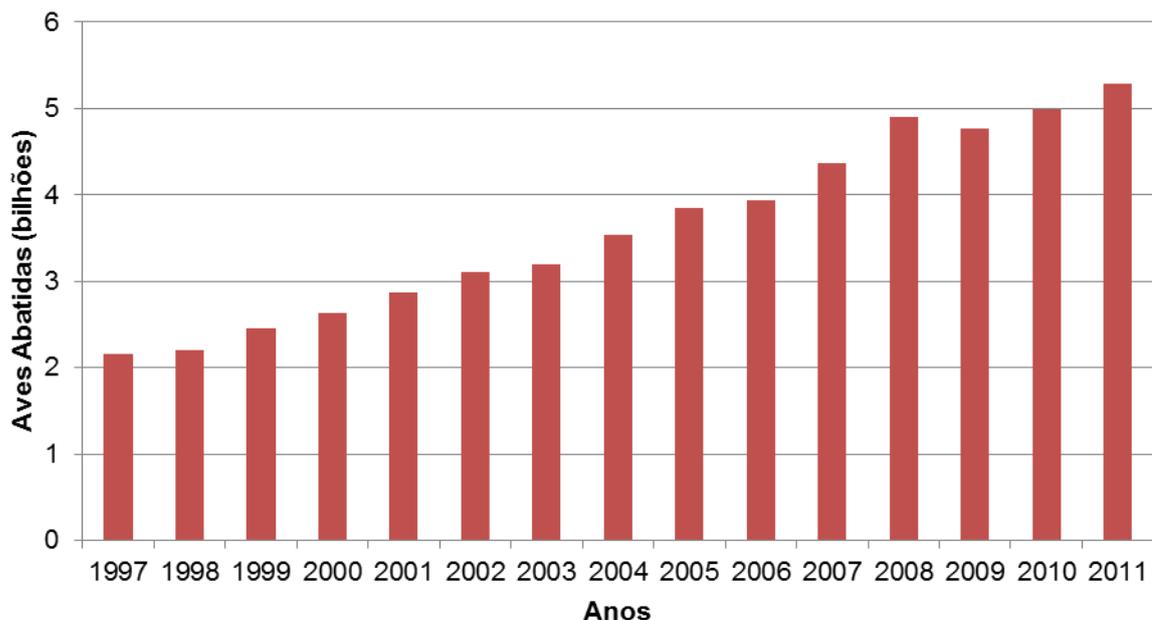


Gráfico 3 – Evolução do abate de frangos no Brasil, 1997 à 2011
 Fonte: Adaptado de IBGE (2012).

Este setor tem fundamental importância para o estado do Paraná, já que existem diversas cooperativas agroindustriais presentes no estado, principalmente na região oeste. Nos três primeiros meses de 2012 as Unidades Federativas da Região Sul somaram 58,8% do abate nacional, sendo os estados que lideram o ranking nacional, com destaque para o Paraná que apresentou a maior produção e um aumento significativo (8,5%) em relação ao ano anterior, conforme o Gráfico 3 (IBGE, 2012).

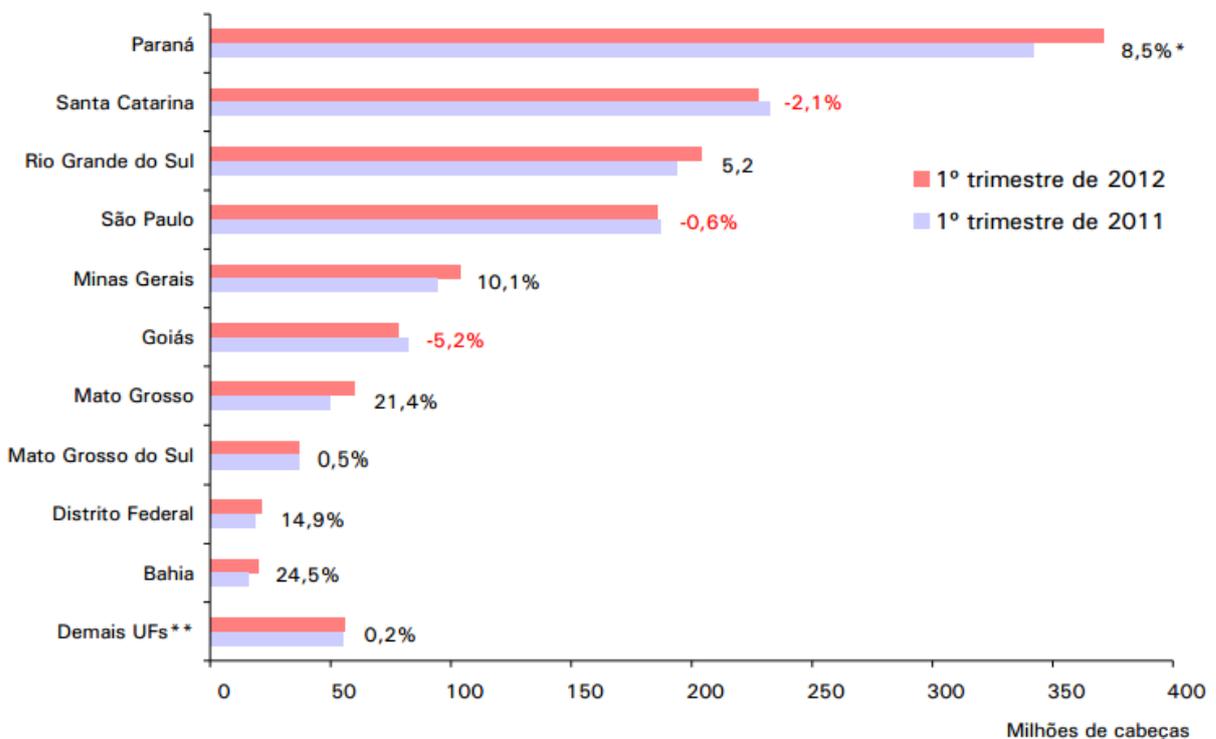


Gráfico 4 – Ranking e variação anual do abate de frangos, primeiros semestres de 2011 e 2012
Fonte: IBGE (2012).

Sabendo que o consumo de água em frigoríficos de aves é em média $0,03 \text{ m}^3$ por animal, de acordo com o Quadro 2, e considerando um frigorífico com capacidade de abater 300 mil aves por dia, que é a realidade da Cooperativa Agroindustrial Lar - Unidade Industrial de Aves, lotada no município de Matelândia no oeste do PR, pode-se estimar um consumo de água na ordem de $9.000 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, onde 24% não é usada em atividades de contato direto com o alimento, resultando num volume de aproximadamente $2.160 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, de água potável que poderia ser substituída por água da chuva.

Considerando 365 dias no ano e a substituição total dos 2.160m³, o volume de água a ser captada é de aproximadamente 788.400m³/ano. Com isso, foi possível determinar a área de telhado necessária para captação adequada de água da chuva em aproximadamente 504.092m², conforme a Equação 5. De acordo com o descritivo institucional, disposto no site da empresa, sua área total construída é de 17.802,55m² que resulta num potencial de captação de 27.843m³/ano, sendo possível substituir apenas 3,5% do volume de água usada nos processo sem contato e atividades diversas, o que representa 0,85% do volume total de água consumida neste caso (LAR, 2012).

Para que seja armazenada água suficiente no frigorífico, o reservatório do SAAP foi dimensionado de acordo com as metodologias propostas, onde foi encontrado um volume de 2.697m³ para o método Rippl e 1.462m³ para o método Azevedo Neto. Sendo que a eficiência em cada caso foi de 73% e 65% respectivamente. O volume a ser adotado em um caso como esse deve levar em consideração diversos fatores como, por exemplo, o econômico, pois muitas vezes o projeto pode alçar custos incompatíveis com a diferença na eficiência quando comparado com outra opção, assim como neste caso, onde um reservatório tem praticamente a metade da dimensão do outro com uma eficiência 8% menor. Percebe-se que para os frigoríficos de aves o uso de SAAP`s não aparenta ser uma opção atraente, já que o reservatório dimensionado apresenta um volume muito grande para uma baixa porcentagem de substituição.

5.2.1 Abate de Suínos

De acordo com o IBGE (2012), no 1º trimestre de 2012 foram abatidas 8,744 milhões de cabeças de suínos no Brasil representando um aumento de 6,9% em relação ao mesmo período do ano anterior. O Gráfico 5 apresenta uma série de dados referente ao abate de suínos ao longo de quinze anos, sendo possível observar um aumento na quantidade de animais abatidos.

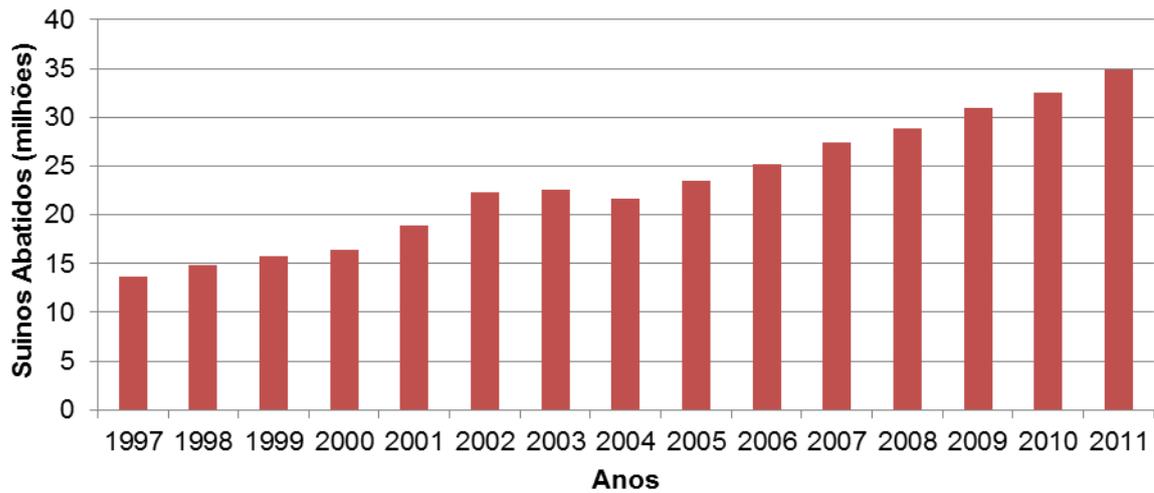


Gráfico 5 – Evolução do abate de suínos no Brasil, 1997 à 2012
 Fonte: Adaptado de IBGE (2012).

No 1º semestre de 2012 a Região Sul foi a que mais abateu suínos com 64,4% do abate nacional. O Paraná foi a 3ª Unidade Federativa no ranking apresentado no Gráfico 6, com um aumento de 15,5% em comparação com o mesmo período de 2011, ano em que sua produção representou 16,6% da produção nacional, o estado foi ainda o que demonstrou maior crescimento em número de animais abatidos em 2011, com 22,2% de aumento em relação a 2010 (IBGE, 2012).

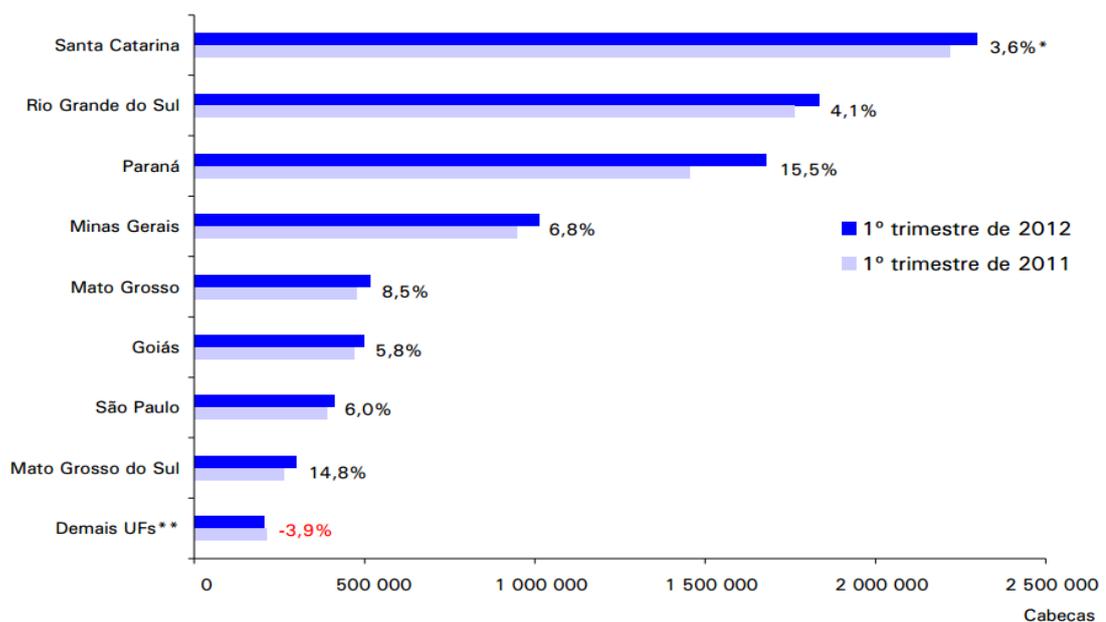


Gráfico 6 - Ranking e variação anual do abate de suínos, primeiros semestres de 2011 e 2012
 Fonte: IBGE (2012).

Assim como anteriormente, no caso do abate de aves, utilizou-se uma indústria regional para verificar a viabilidade do aproveitamento da água da chuva em um frigorífico de suínos, a indústria escolhida foi a Frimesa Cooperativa Central, lotada no município de Medianeira – PR. De acordo com o Relatório Anual da Frimesa (2012), em 2011 foram abatidos 1.112.180 suínos, considerando que o consumo médio de água no abate de suínos é 1m^3 por animal conforme a Tabela 2, o consumo mensal de água na empresa foi estimado em 92.682m^3 .

Através da Equação 5, e considerando a precipitação média mensal 163mm e um coeficiente de *run-off* $0,8$, foi possível determinar a área de coleta necessária para captar água da chuva suficiente para suprir a demanda da produção, o valor encontrado foi de aproximadamente 710.751m^2 . Com base nas plantas da indústria o telhado disponível para captação foi considerado 41.500m^2 , e por meio da Equação 5 o volume mensal de água da chuva captada foi estimado em $5.411,6\text{m}^3$, o que representa $5,8\%$ do volume total de água consumida na indústria.

No dimensionamento do reservatório por meio do método Rippl foi encontrado um volume de 6.303m^3 , o dobro do valor encontrado com o método Azevedo Neto, que para este caso foi 3.408m^3 , a eficiência do reservatório foi determinada em 73% e 64% respectivamente, demonstrando similaridade nos valores quando comparados com o caso anterior (Abate de Aves).

Tendo em vista que a cobrança pelo uso da água nos setores industriais ainda não é aplicada na região estudada, o aproveitamento de água da chuva em frigoríficos de suínos com grande capacidade de abate pode não ser uma alternativa viável. Mesmo apresentando um bom índice de aproveitamento (aproximadamente 6%), a maior dificuldade em um caso como esse seria a construção do reservatório, que apresentou um volume muito elevado, sendo indicado realizar uma análise financeira detalhada para verificar a viabilidade da construção do sistema.

O maior impasse neste caso é a não cobrança pelo uso da água, tornando o investimento inviável do ponto de vista econômico, no entanto a prática é válida sob as dimensões ambiental, por preservar os recursos hídricos de melhor qualidade; social, por promover a educação ambiental através do uso consciente da água por parte dos colaboradores e comunidade; e futuramente econômica, caso haja a necessidade de pagar pelo uso da água, tornando a execução do projeto viável por gerar uma economia na fatura de água da empresa.

5.2.2 Leites e Derivados

O aumento na produção de leite no Brasil, e principalmente de seus derivados, teve início com a implantação do Plano Real que permitiu o acesso de classes menos favorecidas à produtos de maior valor agregado como bebidas lácteas e queijos. Sendo assim, o Brasil ocupa a 5ª posição no ranking mundial de produção de leite, com 31.677.600 toneladas em 2011, o Gráfico 7 demonstra o crescimento da quantidade de leite adquirido nos últimos quinze anos. Conforme o Gráfico 8, a UF de Minas Gerais é a que mais produz leite no país, já o Paraná aparece em terceiro dentre os principais estados produtores (EMBRAPA, 2012).

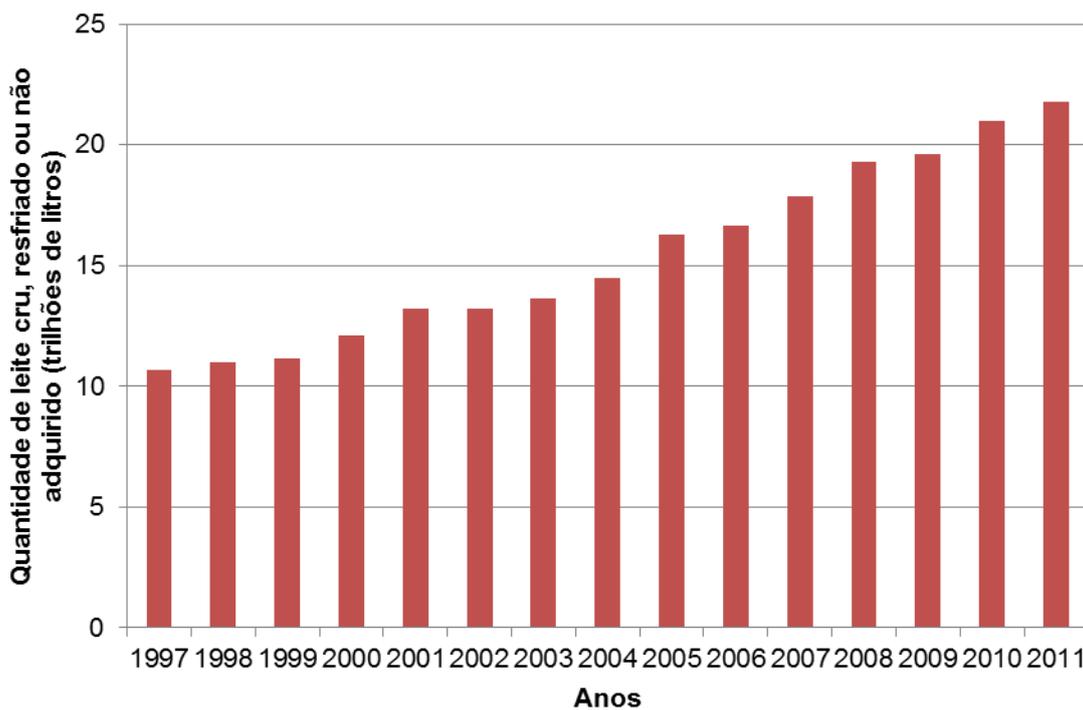


Gráfico 7 – Evolução da quantidade de leite cru, resfriado e adquirido no Brasil, 1997 à 2011
Fonte: EMBRAPA - Gado de Leite (2012).

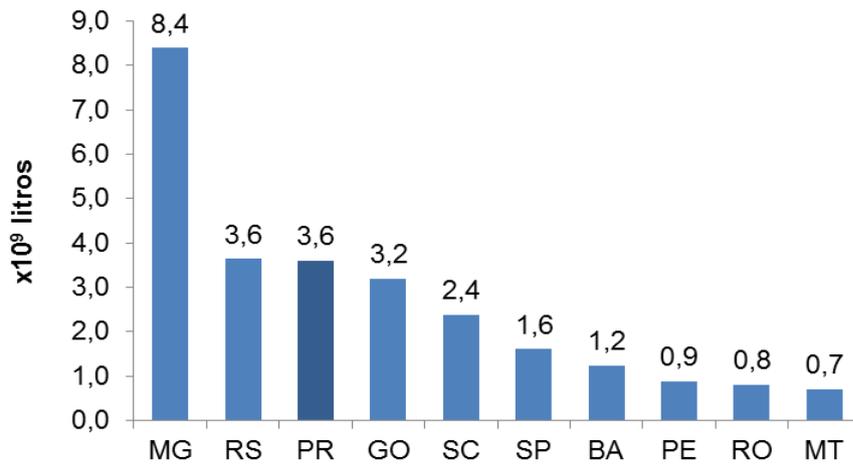


Gráfico 8 - Ranking dos 10 maiores estados produtores de leite em 2011
Fonte: EMBRAPA - Gado de Leite (2012).

Para esta pesquisa foi escolhida a produção de queijos por ser este o produto que consome a maior quantidade do leite produzido no país, superando até mesmo o processamento de leite fluido, como mostra o Gráfico 9.

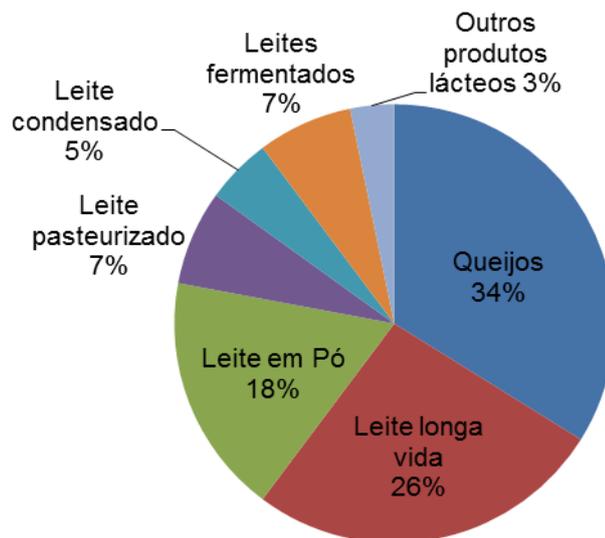


Gráfico 9 - Industrialização do leite no Brasil
Fonte: EMBRAPA - Gado de Leite (2012).

Sendo assim, na análise do caso dos laticínios, foi considerada a fabricação de queijos, supondo capacidades de produção pré-estabelecidas

variando de 3 a 50mil litros de leite processado por dia (ENGETECNO, 2012). Considerando a fabricação de queijos frescais que apresenta um rendimento de aproximadamente 0,2kg de queijo para cada litro de leite conforme Busnello (2008), e sabendo que o consumo de água em laticínios é em media 4m³/kg de produto, foi possível estimar a quantidade média de água em função da matéria prima utilizada no processo de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Dados diários do consumo de água e análise do potencial substituível.

Materia Prima (m³)	Consumo (m³)	Área Necessária (m²)	Área Disponível (m²)	Consumo Substituído (m³)	Aproveitamento (%)	Volume Rippl (m³)	Volume Azevedo (m³)
3	63	398	122	16	25	18	10
4	84	530	178	23	28	27	15
5	105	663	210	27	26	32	17
6	126	795	216	28	22	33	18
7	147	928	209	27	19	32	17
8	168	1061	220	29	17	33	18
9	189	1193	231	30	16	35	19
10	210	1326	300	39	19	45	25
15	315	1989	312	41	13	47	26
20	420	2652	400	52	12	61	33
30	630	3977	580	76	12	88	48
50	1050	6629	1720	224	21	261	141

Fonte: Autor (2012).

Com os dados apresentados foi determinada a área de coleta necessária para suprimento do consumo substituível por água da chuva, contudo verificou-se que a área construída dos laticínios é inferior à necessária, sendo assim os cálculos de dimensionamento do reservatório foram realizados com base na área disponível onde foram encontrados os valores apresentados na Tabela 4 e demonstrados no Gráfico 10.

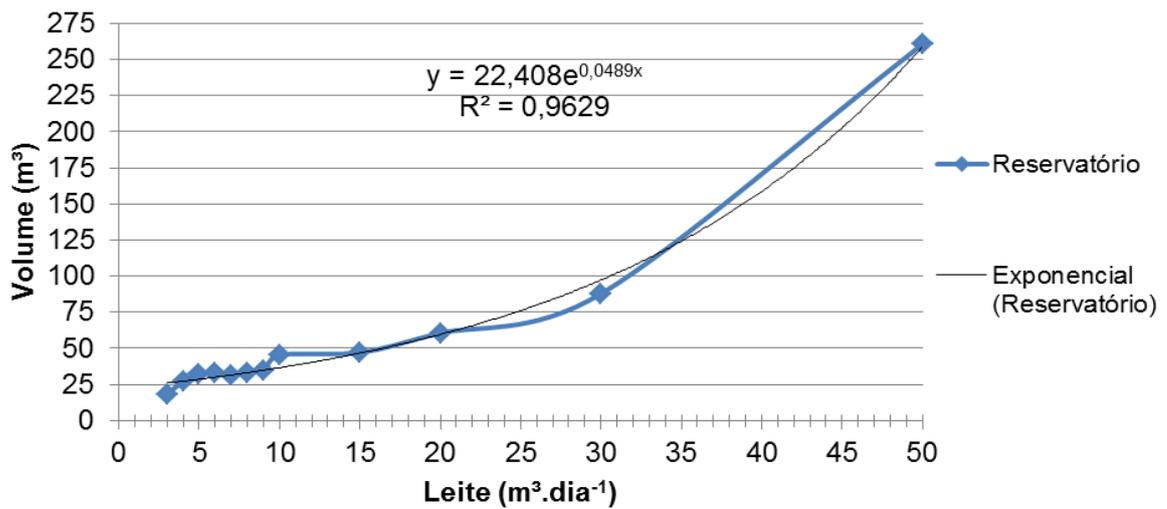


Gráfico 10 – Reservatório Rippl x Matéria-prima Processada
 Fonte: Autor (2012).

O Gráfico 10 foi construído com auxílio do software Excel e relaciona o volume do reservatório com a capacidade de processamento de leite. Com a ferramenta *Linha de Tendência* foi possível verificar qual a equação que melhor se ajusta aos dados, facilitando a visualização do crescimento exponencial do volume do reservatório em relação à quantidade de matéria prima processada. Já o Gráfico 11, demonstra que os volumes intermediários de matéria-prima processada são os que apresentam menores índices de aproveitamento.

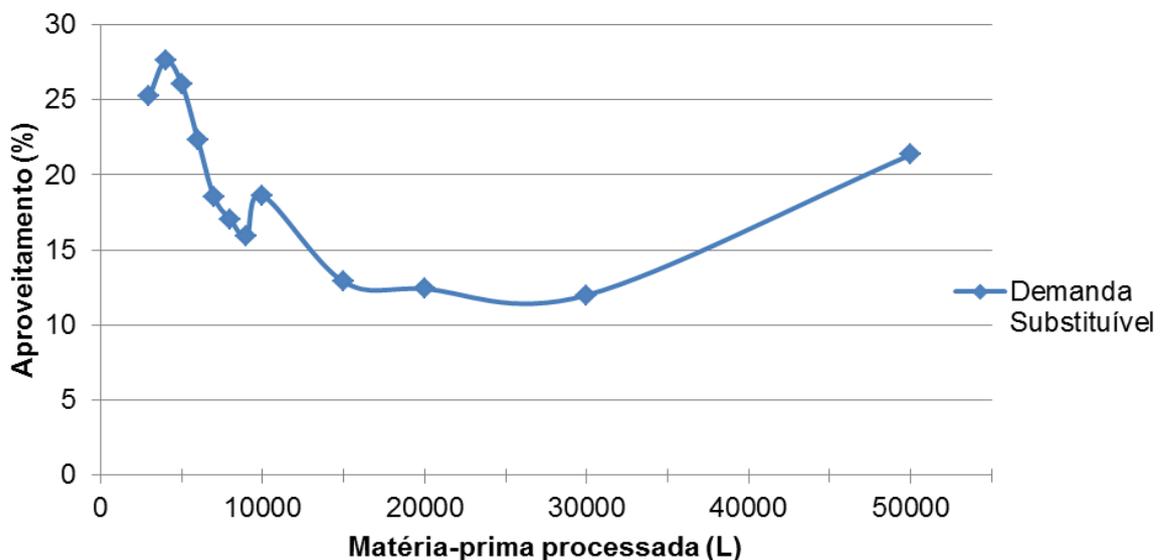


Gráfico 11 – Aproveitamento x Matéria-prima Processada
 Fonte: Autor (2012).

Os dados obtidos demonstraram que o aproveitamento de água da chuva em fábricas de queijo é válida sob o aspecto ambiental por reduzir o consumo de água potável em até 28%, para esse índice de substituição faz-se necessário uma cisterna com volume de 15m³, sendo que os componentes do sistema e o reservatório são facilmente instalados e encontrados no mercado. Executar projetos como este exige uma análise econômica diferenciada por se tratar muitas vezes de uma mudança que não gera economia financeira, pois a cobrança pelo uso da água ainda não é uma realidade na região.

6 CONCLUSÃO

Os índices pluviométricos do município de Medianeira – PR mostraram-se satisfatórios no que diz respeito ao volume de água precipitada e frequência de ocorrência. Demonstrando assim um potencial para o aproveitamento de água pluvial nesta região quando comparada a outras regiões do País.

No que se refere à utilização de SAAP`s para fins industriais, pode-se verificar que mesmo dispondo de grandes áreas de telhado e apresentando um elevado volume de água possível de substituição, o uso da água pluvial nas indústrias de abate de aves e suínos analisadas não se mostrou como uma alternativa viável do ponto de vista técnico, já que após o tratamento e análise dos dados constatou-se que o volume máximo captado pelos telhados não seria suficiente para atender todo o volume substituível, podendo-se afirmar então que um dos fatores limitantes para a aplicação do sistema nestas indústrias seria a incoerência entre a grande demanda de água e o volume captável. Sendo que o volume captável nos frigoríficos de aves e de suínos representa 0,85% e 5,8% do volume total consumido respectivamente. Entretanto, o aproveitamento de água da chuva no caso dos laticínios mostrou-se atrativo, pois a quantidade de água substituída varia de 12% a 28% do volume de água total consumida nestas indústrias, dependendo da capacidade de processamento de matéria prima.

No que diz respeito ao dimensionamento do reservatório verificou-se que o Método Rippl apresenta volumes aproximadamente 55% maiores que os calculados pelo Método Azevedo Neto. Sendo que mesmo com uma diferença significativa nos valores encontrados nos diferentes métodos, as eficiências das cisternas foram muito próximas. Sendo assim é possível afirmar que o dimensionamento mais indicado para ser aplicado é o Azevedo Neto por apresentar aproximadamente metade do volume com uma eficiência de no máximo 10% menor que os encontrados com o método Rippl.

Contudo o tamanho do reservatório para os casos dos frigoríficos pode inviabilizar o projeto devido ao seu grande volume apresentado em relação à quantidade de água substituída, além do mais quanto maior o reservatório maior serão os gastos com o projeto e execução da obra, sendo necessária uma análise detalhada para avaliar a viabilidade econômica de grandes sistemas como estes. Já

o dimensionamento das cisternas no caso dos laticínios, apresentou valores mais aceitáveis de volume com uma boa capacidade de substituição, o que permite concluir que uso da água da chuva em laticínios de queijo presentes na região oeste do Paraná é viável do ponto de vista técnico.

O mapa de Isoietas de Precipitações Anuais Médias (Anexo 1) mostra ainda que outras regiões do País demonstram o mesmo índice pluviométrico do local em que foi realizado este estudo, como por exemplo, a região oeste de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Somado ao fato de que a região Sul detém a maior produção de aves, suínos e gado de leite, pode-se dizer que este trabalho serve como base ao desenvolvimento de estudos ligados ao tema nessas regiões.

7 SUGESTÕES

Visando o aprimoramento deste trabalho recomenda-se a continuidade desta pesquisa contemplando outros métodos de dimensionamento de reservatório, outros setores industriais e dados de outras regiões, a fim de compará-los e definir as condições mais favoráveis de aproveitamento. Faz-se necessário ainda realizar uma análise financeira para avaliar a viabilidade econômica do uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva pelas indústrias.

Sugere-se ainda a realização de mais estudos na região, referentes à avaliação da qualidade da água pluvial, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos, tanto no momento da coleta quanto ao longo do tempo de armazenamento, contribuindo para a determinação de parâmetros de qualidade da água da chuva para aproveitamento.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ASA – Articulação no Semi-árido Brasileiro. **Programa um milhão de cisternas**. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150. Acessado em 08 out. 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527: Água da Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro 2007.

AQUA, España. **Guia técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios**. Madrid: Aqua, 2011.

ASSUNÇÃO, J. C. R.; CUNHA, S. B. **Relação entre o crescimento urbano desordenado e a qualidade das águas fluviais na cidade do Rio de Janeiro**. Viçosa: VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - SBGFA Jul. 2009. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/053.pdf. Acesso em: 11 out. 2011.

BARBIERI, J. C *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v.50, n.2, p. 146-154, abr, 2010.

BARBIERI, J. C; SIMANTOB, M. **Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações**. São Paulo: Atlas, 2007.

BARROS, J. G. C., Origem, **distribuição e preservação da água no planeta Terra**. 4º Câmara de Coordenação e Revisão (CCR): Revista das Águas, 2008.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. 204p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Faculdade do Porto, 2006.

BRANCO, Samuel Murgel. **Água: origem, uso e preservação**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 1993. (Coleção polêmica).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Água, meio ambiente e vida**. 2. ed. Rio de Janeiro: MMA, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico da inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Anexo I. **Diário Oficial da União**

BUSNELLO, Sabrina R. **Aspectos da qualidade do leite e produção do queijo minas frescal**. 2008. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) – Centro das Faculdades Metropolitanas Unidas, 2008.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CARLON, M. R. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville - SC**. 2005. 203p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.

CARVALHO, A.; MONZONI, M. Sustentabilidade: só um modismo? **Revista GV Executivo**. São Paulo, v.9, n.1, p. 44-47, jan, 2010.

CARVALHO, G. S. **Análise de uma proposta de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para uso em bacias sanitárias com caixa acoplada em residências unifamiliares**. 2007. 64p. Monografia (Engenharia Ambiental) - Unesp, Rio Claro, 2007.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Abate de Suínos e Bovinos**. São Paulo: CETESB, 2008. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Cerâmica**. São Paulo: CETESB, 2005. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Cervejas e Refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Curtumes**. São Paulo: CETESB, 2005. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Frigoríficos:** industrialização de carne bovina e suína. São Paulo: CETESB, 2008. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Laticínio.** São Paulo: CETESB, 2008. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Papel e Celulose.** São Paulo: CETESB, 2008. (Série P + L).

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Serviços Gráficos.** São Paulo: CETESB, 2009. (Série P + L).

CPRM, Serviços Geológicos do Brasil. **Isoietas totais anuais.** Disponível em : <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1351&sid=9>. Acesso em: 27 jul. 2012.

Coca-Cola Brasil. **Água.** Disponível em: <http://www.vivapositivamente.com.br/agua.html>. Acesso em: 01 dez. 2011.

CUNHA, Bruna S. Schulz, Luiz. G. **Avaliação da qualidade da água pluvial do município de medianeira – PR, por meio de análises de parâmetros físico-químicos.** 2010. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - UTFPR, Medianeira, 2010.

EMBRAPA, Gado de Leite. **Mercados e comercialização.** Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/sistema/7/mercados.html>. Acesso em: 25 jul. 2012.

FERNANDES, M. L. **Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água: Estudo para 96 municípios de Minas Gerais.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, Belo Horizonte, 2003.

FIORI, Simone et al. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações.** Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos.** 2010. 131 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GNADLINGER, J.; PALMIER, L. R.; SZILASSY E.; BRITO, L. T. **Tecnologias de captação e manejo de água de chuva para o semi-árido brasileiro**. 2011. Disponível em: <http://www.fnca.eu/fnca/america/docu/3607.pdf>. Acesso em: 10 out. 2011.

GONÇALVES, Ricardo F *et al.* **Conservação de água no meio urbano**. In: GONÇALVES, Ricardo F. Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HARVESTING, **Portfólio**. Disponível em: http://www.harvesting.com.br/pt/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=27. Acesso em: 04 dez. 2011.

IBGC, Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. **Guia de sustentabilidade para as empresas**. São Paulo: IBGC, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados agregados: pesquisas**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/default.asp?z=t&o=3&i=P>. Acesso em: 10 out. 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Medianeira – PR**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=411580#>. Acesso em: 20 jul. 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da produção Pecuária**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201201_publ_completa.pdf. Acessado em: 26 jul. 2012.

LAR. **Unidade de Aves**. Disponível em: <http://www.lar.ind.br/v3/unidade.php?industria=2&acao=visualizar>. Acesso em: 26 jul. 2012.

LAR. **Unidade Industrial de Aves**. Disponível em: http://www.lar.ind.br/p_frigor.html. Acesso em: 26 jul. 2012.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamento de qualidade e tratamento de água**. 2. ed. São Paulo: Editora Átomo, 2008.

LIMA, A. M. **Instrumento de reporte de sustentabilidade (Triple Bottom Line)**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Foz do Iguaçu, 2007

MACÊDO, Jorge A. B de. **Águas e Águas**. 2. Ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em edificações**. 2004. 189p. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2º ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MUSTAFA, G. S. **Reutilização de efluentes líquidos em indústria petroquímica**. 1998. 99p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Bahia, 1998.

NEVES, I. M. **Captação e armazenamento de água de chuva para o uso do posto de bombeiros de Cumbica - Guarulhos**. 2007. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2007.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. 2008. 80p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

OLIVEIRA, P. A. V. **Construção de cisternas para o armazenamento de água de chuva**. Seminário: Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva. Concórdia: EMBRAPA, 2005.

ORSSATO, Fábio. **Avaliação da qualidade de água pluvial captada em uma edificação urbana**. 2006. 67p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2006.

PEDROSO, M. C. Casos sustentáveis. **Revista GV Executivo**. São Paulo, v.6, n.2, p. 25-29, mar, 2007.

PEDROSO, M. C; ZWICKER, R. Sustentabilidade na cadeia reversa de suprimentos: um estudo de caso do Projeto Plasma. **Revista ADM.**, São Paulo, v.42, n.4, p.414-430, out, 2007.

POMBO, Felipe R. **Gestão da demanda de água na indústria de refino de petróleo: desafio e oportunidades de racionalização**, 2011.152p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SAUTCHÚK, Carla A *et al.* **Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial – FIESP/CIESP.** v. 1. São Paulo, 2004.

SIGMA Project. **The sigma guidelines: putting sustainable development into practice – a guide for organizations.** London: BSI, 2003.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3ª ed. Florianópolis: UFSC, 2001.

SPAIPA. **Meio ambiente.** Disponível em: http://www.spaipa.com.br/captacao_daagua.htm. Acesso em: 02 dez. 2011.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Editora Navegar, 2003.

TROVATI, Joubert. **Tratamento de água para geração de vapor: caldeiras.** Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/PDF/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua-Caldeira.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2010.

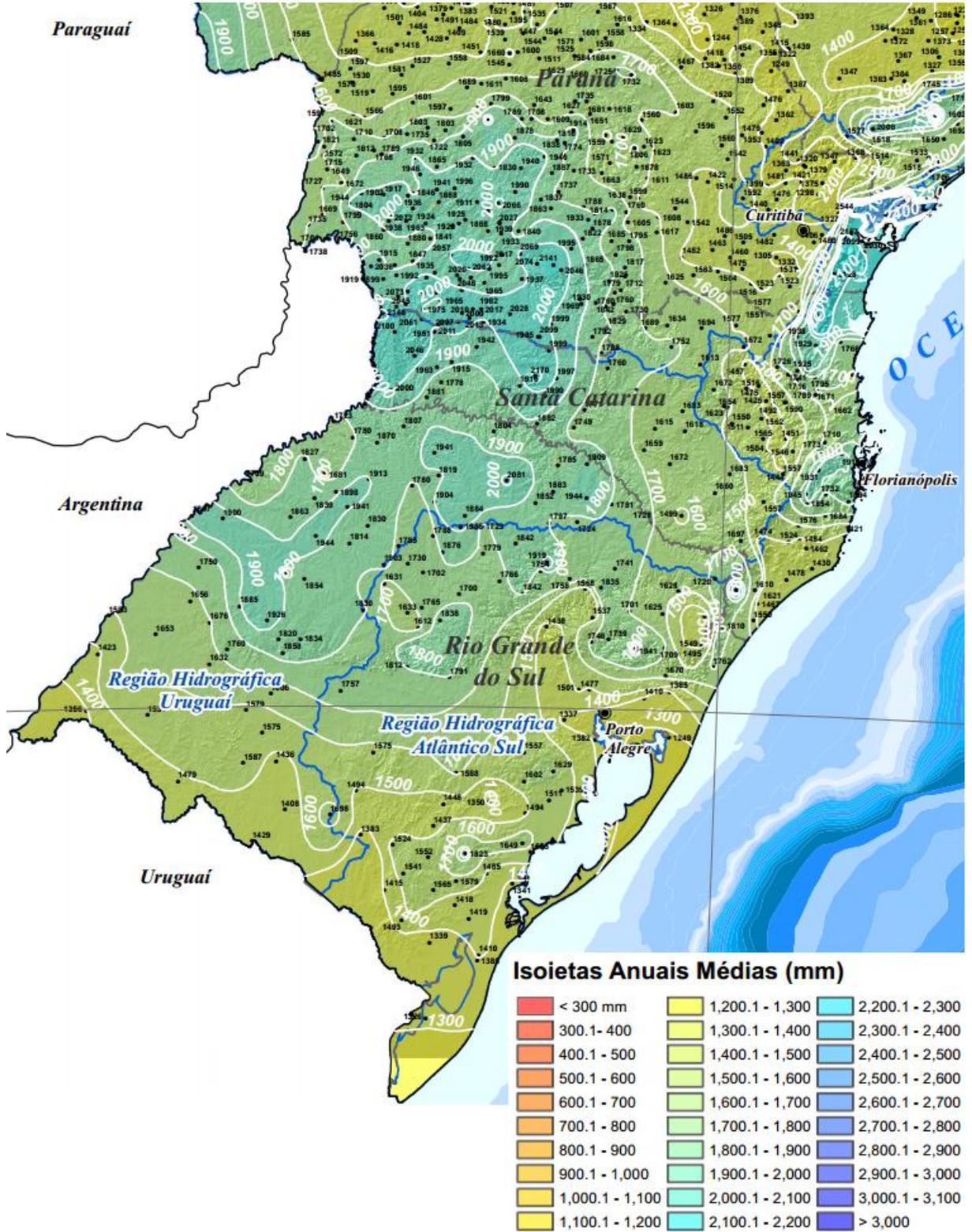
VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

3P Technik do Brasil. **Como funciona o aproveitamento de águas pluviais?** Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/brazil/index.php?content=comofunciona>. Acessado em: 01 dez. 2011.

3P Technik. **Aprovechamiento de agua pluvial.** Donzdorf: 3P Tecnik Germany, 2011.

ANEXO A

Isoietas Anuais Médias: 1977 a 2006.



Fonte: Modificado de CPRM, 2012.