

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**PROJETO DE GRADUAÇÃO**



**BALANÇO ENERGÉTICO E INDICADORES DE CONSUMO DE  
ENERGIA EM UMA EDIFICAÇÃO DOTADA DE SISTEMA DE  
REÚSO DE ÁGUAS CINZA.**

**VINICIUS DA SILVA BOZAN**

VITÓRIA  
2011

**VINICIUS DA SILVA BOZAN**

**BALANÇO ENERGÉTICO E INDICADORES DE CONSUMO DE  
ENERGIA EM UMA EDIFICAÇÃO DOTADA DE SISTEMA DE  
REÚSO DE ÁGUAS CINZA.**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA  
2011

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus,

À minha família que me apoiou desde o início desta jornada.

Aos meus amigos de curso, por compartilharem do mesmo ofício com compreensão, dedicação e felicidade.

Ao Professor Orientador Ricardo Franci pela oportunidade de aprendizagem através da orientação deste projeto.

À Professora Jane Meri por me orientar durante meu projeto de iniciação científica.

À Secretária do departamento de Engenharia Ambiental da UFES Ibanês pela amizade e dedicação aos alunos do curso.

## RESUMO

O presente estudo visa a avaliar a viabilidade de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial a partir da análise do consumo de água e de energia da edificação. Para tanto, realizou-se inicialmente a caracterização do edifício em estudo e o monitoramento do consumo de água e de energia de julho de 2010 á junho de 2011. Posteriormente, foram calculados os indicadores de consumo de água e de energia, a partir dos perfis de consumo. A edificação em estudo é do tipo multifamiliar de classe alta. Foram monitorados com hidrômetros o consumo de água das bombas de recalque de água de reúso, a bomba de recalque de água potável, e as bombas que compõem a ETAC. Os resultados indicaram o consumo de água de reúso é muito baixo em relação ao consumo total e ao consumo de água potável. Soma-se a isso o valor do consumo de energia associado ao recalque de água de reúso ser maior do que o consumo de energia para o recalque de água potável. Apresentando assim um consumo de específico de energia elétrica de 1,15 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recalque de água potável e 2,00 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recalque de água de reúso. Verificou-se também a inviabilidade do projeto, uma vez que os custos de instalação, operação e manutenção foram acima do benefício gerado pelo reúso de água cinza. Tal fato é comprovado pelo estudo de viabilidade apresentado neste trabalho, onde todos indicadores econômicos apontaram para a inviabilidade do projeto.

Palavras Chaves: Consumo de água. Reúso. Consumo de energia.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC).....	7
Figura 2: Aspectos do consumo de água e energia.....	9
Figura 3: Variação da tarifação de energia de acordo com a região do país. ....	13
Figura 4: Variação da tarifação de energia por classe de consumo.....	14
Figura 5: Incentivo da ANEEL ao consumo consciente de energia.....	15
Figura 6: Edifício monitorado, Luiz Nogueira. ....	26
Figura 7: Planta humanizada sem escala pavimento tipo. ....	26
Figura 8: ETAC localizada no subsolo.....	27
Figura 9: Vistas das Cisternas RIAP e RIAR. ....	27
Figura 10: Analisador de energia utilizado no monitoramento.....	27
Figura 11: Série histórica do consumo energético do edifício Luiz Nogueira. ....	28
Figura 12: Série Histórica dos Compartimentos de Consumo de Energia ....	30
Figura 13: Proporção do consumo de energia.....	30
Figura 14: Perfil de temperatura média.....	31
Figura 15: Perfil do consumo de energia dos apartamentos do Luiz Nogueira.....	31
Figura 16: Perfil horário de consumo de energia. ....	32
Figura 17: Perfil de Consumo das Bombas de Recalque e da ETAC ....	33
Figura 18: Proporção do Consumo de Energia do Condomínio ....	34
Figura 19: Consumo de Energia do Aerador, Bomba do Filtro e Recirculador de lodo.....	34
Figura 20: Perfil de consumo de água no Edifício Luiz Nogueira.....	35
Figura 21: Proporção do consumo de água do edifício Luiz Nogueira ....	36
Figura 22: Distribuição do consumo de água.....	36
Figura 23: Fluxo de Caixa Acumulado da ETAC ....	40
Figura 24: Fluxo de Caixa da ETAC para o cenário proposto. ....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Setorização do consumo de energia residencial para regiões brasileiras.....	11
Tabela 2: Consumo de água predial diário .....	13
Tabela 3: Índices de consumo de água por uso final.....	17
Tabela 4: Consumo de energia de eletrodomésticos .....	23
Tabela 5: Estatística descritiva do consumo geral de energia.....	29
Tabela 6: Estatística Descritiva dos Compartimentos do Consumo de energia .....	29
Tabela 7: Estatística Descritiva dos Compartimentos do Condomínio .....	33
Tabela 8: Indicadores do consumo de Energia.....	33
Tabela 9: Estatística Descritiva do Consumo de energia dos compartimentos da ETAC.....	35
Tabela 10: Análise estatística do consumo de água.....	36
Tabela 11: Indicadores de consumo de água do edifício Luiz Nogueira. ....	37
Tabela 12: Gasto energético para recalque de água no edifício Luiz Nogueira .....	37
Tabela 13: Custo de operação e manutenção da ETAC. ....	39
Tabela 14: Estimativa das Taxas de Juros. ....	40
Tabela 15: Indicadores de Viabilidade Econômica .....	41
Tabela 16: Custo de operação e manutenção da ETAC no cenário. ....	42
Tabela 17: Indicadores de Viabilidade Econômica para o cenário .....	43



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	2
2. OBJETIVOS .....	4
3. METODOLOGIA.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1. Sistemas de Reúso de Água .....	6
4.1.1. Estação de Tratamento de Águas Cinza.....	7
4.2. Variáveis de consumo de água.....	8
4.3. Variáveis de consumo de energia.....	11
4.4. Indicadores de Consumo .....	17
4.4.1. Indicadores de consumo de água .....	17
4.4.2. Indicadores de consumo de energia .....	19
4.5. Consumo de energia atrelada ao consumo de água .....	20
4.6. Metodologia para tratamento estatístico.....	23
4.7. Regressões lineares e múltiplas .....	24
4.8. Estudo de Viabilidade Econômica .....	24
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
5.1. Características Gerais .....	26
5.2. Monitoramento do consumo de energia e consumo de água.....	27
5.3. Tratamento de dados.....	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
6.1. Caracterização do consumo geral de energia .....	28
6.2. Caracterização dos Compartimentos de Consumo de Energia.....	29
6.3. Caracterização dos Compartimentos de Consumo no Condomínio.....	32
6.4. Caracterização do Consumo de água Potável e de água de Reúso .....	35
6.5. Cálculo da Componente energética dos m <sup>3</sup> de água potável e água de reúso ..	37
6.6. Estudo de Viabilidade Econômica .....	39
6.7. Cenário de Viabilidade do Projeto .....	41
7. CONCLUSÃO.....	44
8. RECOMENDAÇÕES .....	45
9. BIBLIOGRAFIA.....	45



## 1. INTRODUÇÃO

A crescente escassez dos recursos hídricos frente aos seus múltiplos usos acarreta a necessidade de redução do consumo de água e seu melhor aproveitamento. Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) dois terços da população mundial viverão em locais que sofrem algum tipo de problema com água. Políticas públicas e programas nacionais e internacionais vêm exigindo, cada vez mais, atitudes concretas de cada país nesse sentido (FIORI, FERNANDES, PIZZO, 2006).

Uma iniciativa que merece destaque são as “edificações verdes” ou “Green Buildings”. Esse novo conceito de edificação enfoca o uso racional da água, com maior eficiência do uso, além do reúso de águas cinza que é reconhecida pela certificação, a LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), nos Estados Unidos, Inglaterra e Índia (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

No Brasil, o consumo de água para fins urbanos corresponde a cerca de 21% da demanda total (ANA e FIESP, 2005). Soma-se a isso a preocupação com o consumo de água e a busca por tecnologias que possibilitam a reutilização de efluentes tratados. Neste aspecto, uma possibilidade é a reutilização de águas cinza, constituída por águas oriundas de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa e tanque (JEFERSON *et al.*, 1999).

Nesse contexto, as fontes alternativas de água e o reúso de água na escala das residências são opções que despertam o maior interesse, considerando-se a importância desse componente em áreas densamente urbanizadas (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

No meio urbano, o volume de água consumido está fortemente associado à demanda de água tratada nos domicílios, inclusive para fins menos nobres. Os maiores responsáveis pelo desperdício de água são os hábitos de consumo e costumes da população, os equipamentos inadequados e as perdas nos sistemas de abastecimento (GONÇALVES, 2006).

Desde 2004, a Universidade Federal do Espírito Santo - UFES desenvolve pesquisas com reúso de águas cinza, apresentando resultados consistentes com o emprego de tecnologia de baixo custo. Essas pesquisas se

alinham com a busca para o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para adoção do reúso de águas, onde se destacam, em âmbito nacional, as pesquisas do Programa de Saneamento Básico (PROSAB), financiadas principalmente pela FINEP, pelo CNPq e pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. No âmbito do PROSAB, a UFES se insere na rede 5, que além de pesquisas com reúso de águas cinza, desenvolve pesquisas com conservação de água e energia nos setores públicos e privados, uso de fontes alternativas como o aproveitamento de água de chuva e saneamento ecológico.

Uma necessidade de planejamento e gestão integrada do consumo de energia e água é evidente. Uma informação pertinente é que cerca de 3% do consumo nacional de eletricidade é destinado ao setor de abastecimento de água e tratamento de esgotos e, desse total, mais de 90% da energia destina-se ao uso de motores e bombas (PROSAB, livro 5, 2009).

Dessa forma, a contribuição deste trabalho será o aporte de informações detalhadas e sobre o consumo de energia elétrica em uma edificação que detém um sistema de reúso de águas cinza e, na sequência, a estimativa de indicadores específicos de consumo de energia elétrica na produção e na utilização da água de reúso.

Para tanto, fez o monitoramento do edifício Luiz Nogueira, localizado na Praia do Canto, Vitória ES. Tal edificação é residencial multifamiliar e de alto padrão, dotado de sistema de reúso de água cinza.

## **2. OBJETIVOS**

O presente Projeto de graduação objetiva estudar o consumo de energia elétrica em uma edificação dotada de sistema de reúso de águas cinza.

Conta ainda com os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o consumo de energia elétrica associado ao tratamento de águas cinza para geração de água de reúso.
- Avaliar o consumo de energia elétrica relacionado aos bombeamentos de água potável e de água de reúso para os reservatórios superiores.
- Estimar o impacto do consumo de energia elétrica intrínseco ao sistema de reúso (tratamento e bombeamento) sobre seus custos de operação e, conseqüentemente, sobre sua viabilidade econômica.

### **3. METODOLOGIA**

Por via das atividades descritas abaixo, será desenvolvido o Projeto de Graduação:

1. Revisão bibliográfica sobre Sistemas de reúso de água; Variáveis de consumo de água e consumo de energia; Consumo de energia atrelada ao consumo de água; Metodologia para tratamento estatístico; Regressões lineares e múltiplas; estudos de viabilidade econômica.
2. Monitoramento do consumo de energia na edificação e, especificamente, na estação de tratamento de águas cinza para reúso e nos sistemas de bombeamento de água potável e de água de reúso.
3. Cálculo dos indicadores de consumo de energia global na edificação, bem como nos sistemas de água potável e de água de reúso.
4. Avaliação do impacto do consumo de energia intrínseco ao sistema de reúso (tratamento e bombeamento) sobre seus custos de operação e, conseqüentemente, sobre sua viabilidade econômica.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Sistemas de Reúso de Água

A finalidade do sistema de reúso é reduzir o consumo de água potável em uma edificação, por via da utilização de águas cinza, na jardinagem, limpeza de corredores e calçadas, descargas sanitárias, entre outros. Basicamente, a reutilização se dá pela reserva de água de reúso em um reservatório inferior, tratamento desta água numa Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC), reserva da água tratada após o tratamento e por fim recalque até um reservatório superior de água de reúso, que distribui a água de reúso para fins não potáveis ao longo da edificação.

Nas edificações com reúso, as águas cinza são as águas servidas que não possuem contribuição de efluentes de vasos sanitários. É a água residuária proveniente do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquina de lavar roupa e tanques (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

De acordo com Pertel (2009), o consumo de água potável, avaliado através de perfis horários e dos indicadores *per capita*, por área e por dormitório, é consistentemente mais elevado no edifício convencional do que numa edificação com reúso, havendo um maior consumo nos meses de inverno. Já para uma edificação dotada de um sistema de reúso cerca de 32% da água cinza produzida são aproveitados, além disso, o volume de água de reúso utilizado está em torno de 22% do consumo total (Pertel, 2009).

É importante destacar também que o consumo de energia devido ao bombeamento de água é afetado pela implantação de um sistema de reúso. Analisando sob o ponto de vista energético o sistema, há estudos que indicam que o reúso também é viável, uma vez que, tais sistemas consomem uma porcentagem menor da energia total para realizar o recalque de água. Segundo Pertel (2009), uma edificação dotada de reúso consome 7% do total de energia consumida, sendo que 3% das bombas de água potável e 4% das bombas de reúso, enquanto que a edificação dotada de um sistema convencional consome 8% da energia total para realizar o recalque (Pertel 2009).

O reúso da água em edificações é possível, desde que seja projetado para esse fim, pois não é benéfico à mistura com água tratada, tão menos o

uso direto para preparação de alimentos e higiene pessoal. De acordo com Costa e Oliveira (2009), ainda não existe uma norma brasileira para projeto, execução e manutenção de sistemas de reúso. Apesar de alguns itens serem contemplados na NBR 13969 (ABNT, 1997), a falta de normalização não impede a proliferação de leis que abordam o reúso de água.

#### 4.1.1. Estação de Tratamento de Águas Cinza

A estação de tratamento de águas cinza– ETAC (Figura 1) é projetada para realizar o tratamento de esgoto a nível secundário e desinfecção. Esse nível de tratamento é possível devido associação de reatores anaeróbios e *Filtro Aerado Submerso* (FBAS), atingindo uma eficiência superior a 90 %, na remoção de matéria orgânica (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

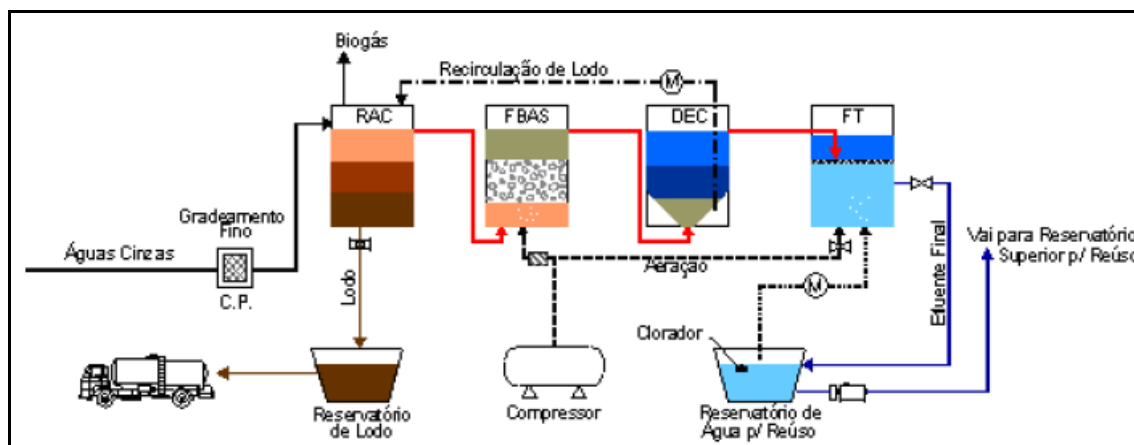


Figura 1: Fluxograma da Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC)

Fonte: (Gonçalves, Silva, Wanke; 2009)

Primeiramente há um gradeamento fino com espaçamento de 15,0 mm. Sua finalidade é realizar um pré-tratamento, na entrada da caixa reguladora de vazão, retendo material grosso, como cabelos, cotonetes, restos de tecidos, plásticos, papel e outros (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

Posteriormente, o esgoto entra, por gravidade, num compartimento composto por três câmaras, o *Reator Anaeróbio Compartimentado* (RAC). Na primeira e segunda câmara, ocorre efetivamente a digestão da matéria orgânica, enquanto que a terceira câmara funciona como um decantador de alta taxa, separando as fases líquida, sólida e gasosa. Nesse processo há uma

redução média de 70% da matéria orgânica sob a forma de  $DBO_5$ , (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

O efluente do RAC vai para o *Filtro Aerado Submerso* (FBAS), com o intuito de reduzir ainda mais a matéria orgânica, chegando numa eficiência de remoção global de  $DBO_5$  superior a 90%. Um compressor e uma grelha localizada no fundo são responsáveis pelo fornecimento e distribuição uniforme de ar pelo reator (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

O efluente do FBAS, contendo lodo em excesso, é encaminhado para o decantador secundário (DEC), que realiza a remoção e posterior recirculação do lodo para a entrada da ETAC (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

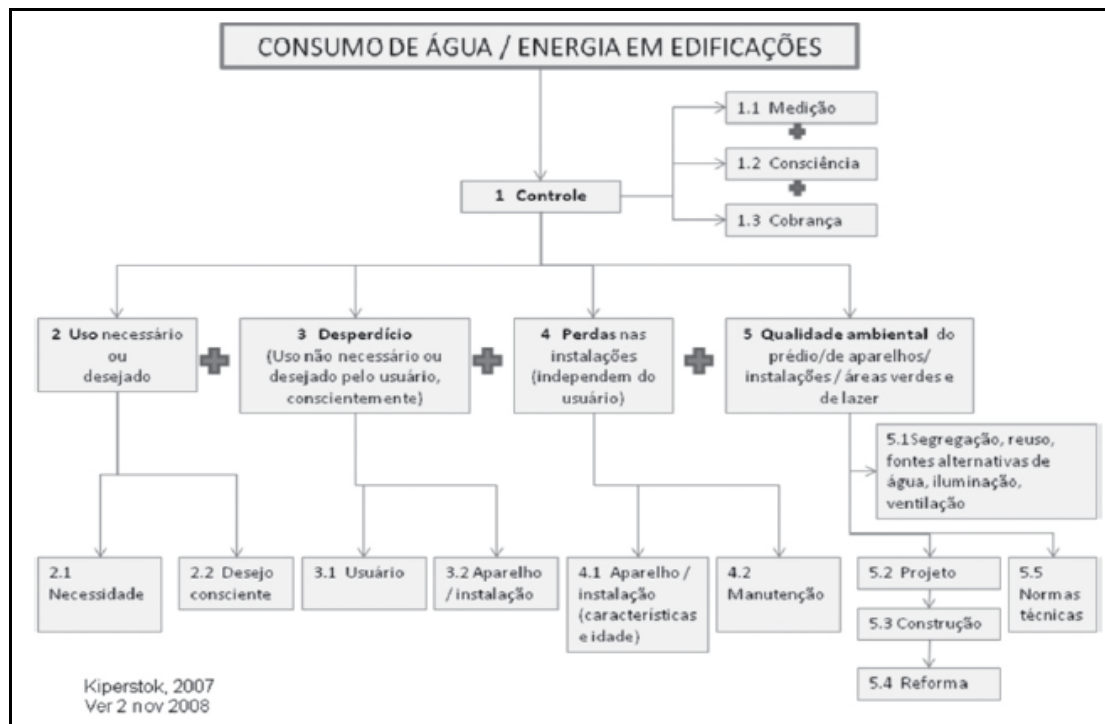
Após a remoção de lodo no decantador secundário, o efluente passa por uma unidade de clarificação, o Filtro Terciário (FT). Para garantir um efluente de alta qualidade, o filtro terciário retém partículas sólidas que tenham passado pelos processos anteriores. Utilizando a água de reúso, faz-se a lavagem contracorrente do filtro terciário (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

Por último o efluente passa por um clorador de pastilhas, promovendo desinfecção de cloração, por via de um dispositivo flutuante que utiliza energia hidráulica do sistema. A composição da pastilha é hipoclorito de cálcio e é realizada com a dissolução da pastilha enquanto há passagem de líquido a ser tratado (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

Não se pode deixar de falar do gerenciamento de lodo de excesso do RAC (anaeróbio e aeróbio digerido) e da formação de Biogás. O gerenciamento conta com a retirada do lodo em excesso a cada dois meses por um caminhão limpa-fossa, sendo disposto em aterro sanitário. Já o biogás é coletado do RAC, composto por metano, vapor d'água e gás sulfídrico, sendo canalizado para o sistema de ventilação predial (GONÇALVES, SILVA, WANKE; 2007).

#### **4.2. Variáveis de consumo de água**

Para avaliar o consumo de água e promover a racionalização do consumo, deve-se avaliar uma série de aspectos. Kiperstok (2007) propõe cinco pontos a serem analisados conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2: Aspectos do consumo de água e energia**

Fonte: Kiperstok (2007)

1. Controle: Permite o conhecimento do consumo geral do prédio. Imprescindível a instalação de medidores e se possível próximo do usuário, pois quanto maior a proximidade da informação do usuário maior é o controle.
2. Uso necessário ou desejado: Envolve a viabilidade de uso da água para atender as necessidades básicas, assim como outros desejos. Entende-se por necessidades básicas, o uso da água para ingestão, preparo de alimentos, manutenção das condições higiênicas para promoção da saúde.
3. Desperdício: Consumo não necessário ou desejado pelo usuário, provocado pelo desinteresse do usuário ou induzido pelo aparelho.
4. Perdas: Para programas de racionalização do uso da água é difícil a quantificação, dado que, refere-se às perdas físicas nas instalações provocadas por vazamentos visíveis ou não.
5. Qualidade ambiental da edificação: Soma de atributos que permitem ou favorecem um uso mais racional da água. Variam de captação direta de água de chuva, sistemas segregados visando o reúso de águas com qualidade para usos não potáveis.



Outro conceito importante é o *consumo efetivo*, que indica a quantidade de água utilizada na consecução de determinado uso, frequentemente expressa em termos de volume ou vazão. No consumo efetivo somente se quantifica o volume necessário para perfazer o uso considerando as condições ditadas pelas circunstâncias do momento ou período do uso. Entre essas circunstâncias destacam-se o tipo e condições das tecnologias disponíveis associados ao uso em questão, bem como as condições culturais relativas ao usuário (PROSAB, livro 5, 2009).

O consumo de água total é obtido pela soma do consumo efetivo, perdas e desperdício. Assim a aplicação de tecnologias economizadoras de água como, torneiras economizadoras que injetam ar além do fechamento automático, diminuiria o desperdício de água proveniente de uso de um equipamento de tecnologia ultrapassada. Outro equipamento que merece destaque é a bacia sanitária. Segundo Vyckers (2002) o uso diário médio, é 1 para defecar e 4 para urinar, logo, uma bacia que consome 12 l por descarga gastaria 60 litros por dia por pessoa. Ao passo que uma bacia de acionamento duplo (6l ou 3l) gastaria 18 litros (PROSAB, livro 5, 2009).

Assim uma edificação com qualidade ambiental defasada, consolida uma barreira para redução do consumo de água caso não seja feita uma alteração em sua tecnologia hidrossanitária.

Deve-se levar em conta também o desperdício devido às características do usuário. Um exemplo simples é o ato de tomar banho, uma vez que, o tempo no banho para promover a higiene é menor do que o tempo no chuveiro para um banho que atende além dos desejos de higiene pessoal, por exemplo, banho mais demorado com o intuito de relaxamento.

Nesse aspecto a educação ambiental agrega valores imprescindíveis ao consumo de água, influenciando diretamente no comportamento do consumidor. Pode também, mudar a concepção de projeto do construtor, a ponto de inserir tecnologias de reúso, que contribuem para redução do consumo de água potável na edificação.

### 4.3. Variáveis de consumo de energia

Conforme proposto por Kiperstok (2007) (Figura 2), o consumo de energia também é avaliado a partir do *controle* do consumo com instalações de medidores, com o critério de *uso necessário ou desejado* indicando a viabilidade do uso da energia para atender as necessidades básicas; Conta ainda com quesito *desperdício* relacionada ao uso desejado ou não necessário, além de *perdas* relacionadas à dissipação de energia nas instalações elétricas e por fim o quesito *qualidade ambiental* da edificação, que está ligada a possibilidades de uso racional da energia, por exemplo, por via de painel solar.

A eficiência energética em prédios residenciais está vinculada ainda aos padrões tecnológicos dos sistemas e equipamentos instalados, as suas características arquitetônicas, ao clima local e ao grau de consciência dos usuários para o uso racional da energia (ELETROBRAS, 2005). Em uma residência a energia é utilizada para diversos fins, climatização térmica, iluminação, bombeamento de água, movimentação de elevadores e alimentar equipamentos eletrônicos. E essa proporção de gasto de energia varia de acordo com as regiões brasileiras (Tabela 1).

Região	Geladeira e freezer	Aquecimento de água	Iluminação	Ar condicionado	Outros
Sudeste	33,1	23,4	11,2	3,3	29
Sul	32,6	22,4	10,9	1,5	32,7
Norte	35,4	4,5	19,6	9,4	31,1
Nordeste	41	7,2	18,2	3,1	30,5
Centro Oeste	33,6	23,2	12,1	2,3	28,9
Brasil	34,1	20,7	12,3	3	29,9

**Tabela 1: Setorização do consumo de energia residencial para regiões brasileiras.**

Fonte: Almeida et al. (2001) apud Pertel (2009).

Não se pode deixar de lado que fatores hidráulicos locais, como altura de recalque e comprimento das tubulações também contribuem para o aumento do consumo de energia, pois são elementos que fornecem perda de carga no sistema. Afinal quanto maior a perda de carga, maior será a potência do motor.

Uma variável que merece destaque também é o sistema de bombeamento para abastecimento, pois deve garantir regularidade de pressão

e vazão, e cada configuração detém um custo com energia elétrica. Nesse sentido, define-se a forma de distribuição de água a partir da fonte de água, captação da rede pública ou de uma fonte particular de captação; sendo classificados em (PROSAB, livro 5, 2009):

- *Direta da rede pública (sem reservatório)*: Consideram-se uma extensão da rede pública, expondo o consumidor as deficiências da rede.
- *Indireto sem bombeamento (com reservatório)*: Usa-se a pressão da rede para encher o reservatório superior, distribuindo por gravidade.
- *Indireto com bombeamento (com reservatório)*: Quando não há pressão suficiente na rede ou é feita captação em poço. O abastecimento é realizado a partir de um reservatório inferior, de onde a água é bombeada para outro reservatório superior.
- *Indireto hidropneumático*: Cria-se um sistema de pressão para distribuir a água a partir do reservatório inferior (não há reservatório superior).
- *Misto*: Comum para residências onde parte do uso que ocorre no nível da rua e feito diretamente da rede e outra parte e feita indiretamente sem bombeamento.

Assim, alternativas na configuração da distribuição de água pode ser elaboradas visando à redução da pressão, redução da altura de bombeamento e economia de energia.

Uma vez definido o sistema de distribuição deve-se levar em consideração o tipo de bomba que terá melhor rendimento, pois o conjunto moto-bomba pode consumir até 95% da energia de abastecimento de água (ELETROBRÁS 2005). Também está relacionado ao dimensionamento do conjunto motor bomba o fato do consumo de água variar com o tipo de edificação (Tabela 2), pois quanto maior o *consumo diário (litros/dia)* maior será a vazão demandada pela edificação, logo será necessária maior potência do conjunto motor-bomba, aumentando o consumo de energia para o abastecimento.

TIPO DE EDIFICAÇÃO	CONSUMO (litros/dia)	
Apartamento de padrão médio	250	<i>per capita</i>
Apartamento de padrão luxo	300	<i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	80	<i>per capita</i>
Escolas – externatos	50	<i>per capita</i>
Escritórios	50	<i>per capita</i>
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120	por hóspede

**Tabela 2: Consumo de água predial diário**

Fonte: PROSAB, livro 5, 2009.

Outro fator que merece atenção é a tarifação do consumo de energia. Dado que a tarifação do consumo de energia deve remunerar os investimentos aplicados pela concessionária, paga mensalmente pelo uso da energia. Na forma mais simplista o consumidor residencial irá pagar a energia registrada pelo medidor (kWh). A energia é tarifada de acordo com a classe de consumo, ou seja, há uma tarifação específica para cada nível de tensão fornecido. O consumidor residencial ligado a rede de baixa tensão (Grupo B - baixa tensão), em geral, está a uma tensão de 127 V.

O órgão regulador e fiscalizador do serviço de distribuição de energia é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). De acordo com um levantamento feito pela ANEEL, junto às secretarias de administração estaduais, a tarifação varia também com a região do país (Figura 3), dado que os investimentos são diferentes, e pela classe de consumo (Figura 4).

Tarifas Médias	
DEZ MAIORES (EM MARÇO DE 2010)	TARIFA MÉDIA DE FORNECIMENTO (R\$/MWh)
AMPLA - Ampla Energia e Serviços S/A	354,45
ELETROACRE - Companhia de Eletricidade do Acre	331,33
CERON - Centrais Elétricas de Rondônia S/A	321,63
EMG - Energisa Minas Gerais - Distribuidora de Energia S.A.	321,47
EFLJC - Empresa Força e Luz João Cesa Ltda	318,88
CELTINS - Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins	312,35
CEMAT - Centrais Elétricas Matorossenses S/A	311,35

**Figura 3: Variação da tarifação de energia de acordo com a região do país.**

Fonte: ELETROBRÁS, (2007)

<b>Tarifas Médias por Classe de Consumo e Região (R\$/MWh)</b>						
<b>CLASSE</b>	<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>NORDESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>SUDESTE</b>	<b>SUL</b>	<b>BRASIL</b>
Residencial	293,45	285,92	297,46	308,21	286,57	299,12
Industrial	208,63	210,39	240,68	241,25	212,71	226,57
Comercial	274,15	295,04	308,45	282,00	258,99	280,58
Rural	206,06	215,30	223,82	204,37	168,14	193,10
Poder Público	278,44	321,99	330,40	327,19	280,45	315,45
Iluminação Pública	158,47	177,08	173,80	168,01	147,08	166,06
Serviço Público	180,64	197,53	210,03	214,61	191,24	204,18
Consumo Próprio	297,37	284,91	318,41	296,59	192,77	256,42
Rural Aquicultor	240,99	197,96	242,38	193,16	76,79	189,01
Rural Irrigante	177,98	129,57	172,09	234,28	139,48	153,72
<b>TARIFA MÉDIA</b>	<b>254,76</b>	<b>254,76</b>	<b>279,55</b>	<b>276,00</b>	<b>237,08</b>	<b>262,98</b>

**Figura 4: Variação da tarifação de energia por classe de consumo**

Fonte: ELETROBRÁS, (2007)

De um modo geral a tarifa diminui levemente à medida que a tensão de fornecimento requerida for reduzida. Não se pode deixar de destacar as definições referentes à tarifação do consumo de energia, pois facilita a identificação do consumidor e a tarifa aplicável (Quadro 1).

<b>Quadro 1 : Conceitos referentes à tarifação do consumo de energia</b>	
<b>Tarifação Monômia</b>	Tarifação de consumidores de baixa tensão. Tarifa somente na energia consumida (kWh).
<b>Tarifação Binômia</b>	Tarifação de consumidores de alta tensão. Tarifa para energia consumida e demanda de tensão (kW) solicitada na rede.
<b>Estrutura tarifária convencional</b>	Aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independente das horas de utilização e do período do ano.
<b>Estrutura tarifária horo-sazonal</b>	Aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

Fonte: Livro 5 do Prosab, (2009), p 109.

Uma análise interessante é que o consumidor residencial de baixa tensão não muda seu comportamento de consumo de energia elétrica, pois sua modalidade tarifária não o estimula. Um exemplo claro é o consumo de energia elétrica no chuveiro durante o horário de ponta. Somado a isso, será necessário gasto de energia, durante o horário de ponta, para o bombeamento de água.

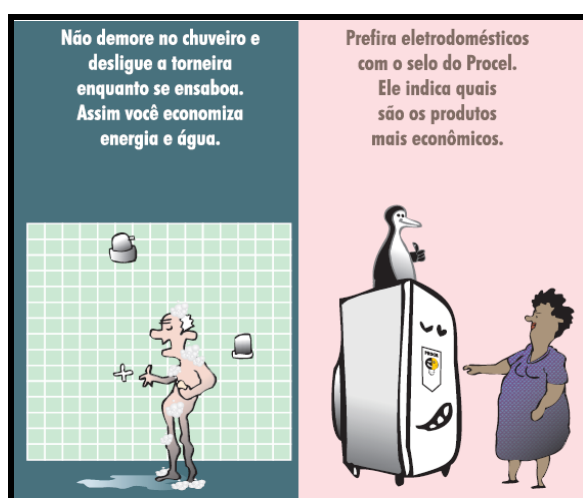
Outro agravante, no consumo de energia no horário de ponta é o tempo de duração do banho, dado que o consumo de energia é calculado por via do produto da potência do chuveiro pelo tempo gasto no banho (Equação 1). O que implica num aumento no consumo de energia com o aumento do tempo gasto no banho.

$$E_c = Pot \cdot \Delta t \quad \text{Equação (1)}$$

Onde;

$E_c$ : Energia consumida;  $Pot$ : Potência do Chuveiro;  $\Delta t$ : Tempo gasto no banho.

Nesse sentido a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) promove a divulgação de bons hábitos que resultam em uso eficiente da energia elétrica. Variam de ensaboar o corpo com o chuveiro desligado, usar luz natural, utilizar lâmpadas fluorescentes, apagar a luz ao sair do ambiente, não dormir com a televisão ligada, evitar deixar a geladeira aberta, além do incentivo ao uso de eletrodomésticos mais econômicos, certificados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), (Figura 5).



**Figura 5: Incentivo da ANEEL ao consumo consciente de energia**

Fonte: ELETROBRÁS, (2007)

É importante destacar que a estrutura tarifária horo-sazonal foi criada para redirecionar o consumo de energia para horários fora do consumo de pico (horário de ponta) de energia e possui a seguinte especificação (Quadro 2).

<b>Quadro 2 : Especificação da estrutura tarifária horo-sazonal</b>	
<b>Horário de Ponta (P)</b>	Período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, considerando as características do sistema.
<b>Hora de fora de Ponta (F)</b>	Período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares aquelas definidas no horário de ponta.
<b>Tarifa Azul</b>	É a forma de aplicar tarifa sobre consumidores de alta tensão, onde se aplicam mensalmente duas tarifas para energia elétrica (R\$/kWh ponta, R\$/kWh fora ponta) e duas para a demanda (R\$/kW ponta e R\$.kW fora de ponta) para cada período do ano (seco e úmido).
<b>Tarifa Verde</b>	É a forma de aplicar tarifa sobre consumidores de alta tensão, onde se aplicam mensalmente duas tarifas para energia elétrica (R\$/kWh ponta, R\$/kWh fora ponta) e uma única tarifa para a demanda (R\$/kW).
<b>Período úmido (U)</b>	Período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
<b>Período Seco (S)</b>	Período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

Fonte: PROSAB, livro 5 (2009), p 110.

#### 4.4. Indicadores de Consumo

Os indicadores são compostos por duas ou mais informações que auxiliam no processo de análise. É possível assim, comparar cenários em um sistema ou ainda comparar sistemas diferentes para diversos fins. Auxiliam na avaliação da eficiência, custos, perdas, investimentos e qualidade, entre outros.

De acordo com Magalhães (2000) *apud* Miranda (2002), os indicadores são elementos que sinalizam, comunicam, demonstram, indicam e informam sobre uma questão qualquer. Pode-se assim, quantificar uma informação, simplificar a informação para facilitar a comunicação, ser descritivos ou representar um modelo empírico, permitindo a comparação.

Os indicadores compõem-se de dois grupos: indicadores individuais, nos quais muitos dados são considerados independentemente; e índices agregados, nos quais um dado engloba várias informações, que podem estar representadas por algum indicador individual.

##### 4.4.1. Indicadores de consumo de água

Para avaliar se o consumo de água de um edifício é elevado, faz-se necessário não apenas ter em conta a tipologia, mas também conhecer os índices de consumo por uso final (Tabela 3).

Tabela 3: Índices de consumo de água por uso final

Índices de consumo	Tipologia da Edificação
l/pessoa	Edifícios públicos, comerciais, etc
l/hóspede	Hotéis
l/leito	Hospital
l/aluno	Escola
l/veículo lavado	Posto de lavagem de veículos
l/ refeição	Restaurantes
l/kg de vapor	Caldeira
l/kWh consumido	Ar condicionado

Fonte: PNCDA, DTA - B3, (1999)



Ao conhecer os diversos pontos de utilização da água em uma residência, podem-se desenvolver ações de conservação de água em edificações. Tal medida baseia-se no **perfil de consumo residencial de água**, que é o indicador de consumo de água na forma desagregada em uma residência. DeOREO (2000) *apud* PROSAB (2009) denomina usos finais da água, para água de uso interno a residência. O indicador mais utilizado é o consumo diário per capita, expresso em litros por habitante por dia (l/hab.dia).

Perfis existentes (THACKRAY *et al.* 1978; DeOREO, 2006, *apud* PROSAB, 2009) indicam dependência de fatores culturais, refletidos, principalmente, na forma de construir o edifício e o sistema de abastecimento. De acordo com o Livro 5 do Prosab, deve-se levar em consideração os seguintes fatores para determinação do perfil de consumo:

- Número de habitantes da residência e tempo de permanência durante os dias da semana.
- Área construída e número de aparelhos sanitários disponíveis.
- Características técnicas do serviço público e predial de abastecimento com especial atenção para as diferenças entre abastecimento direto e indireto.
- Clima da região.
- Características culturais da comunidade.
- Perdas e Desperdícios nas instalações prediais e nos usos.
- Renda familiar.
- Valor da tarifa de água.
- Estrutura e forma de gerenciamento do sistema de abastecimento.

É notório que o consumo *per capita* está ligado à hidrometração do local, sendo necessária a instalação de hidrômetros para obter o indicador. Além disso, as medições permitem aperfeiçoar um sistema de abastecimento e desenvolver programas de gerenciamento de água e energia do edifício.

É importante destacar que o perfil de consumo residencial de água inclui uso interno e externo, classificado em 4 categorias segundo Terpstra (1999):

- Higiene pessoal
- Ingestão
- Descarga de banheiros
- Limpeza

Outro fator relevante é a classificação da água quanto ao seu uso final:

- Potável – Higiene Pessoal, ingestão e preparação de alimentos
- Não Potável – Lavagem de roupas, carros, calçadas, irrigação de jardins, descarga de sanitários, piscinas, entre outros.

Logo, o indicador caracterizará o consumo de água por via de dados quantitativos e qualitativos da edificação, oferecendo um suporte para tomada de decisão.

Para se ter uma idéia o consumo urbano médio *per capita* de água, em 2006, no Brasil foi de 145,1 l/hab.dia, enquanto que em 2003 foi de 142,6 l/hab.dia, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Tal informação fornece uma idéia da demanda por água, permitindo o planejamento e gerenciamento de médio e longo prazo dos sistemas urbanos de saneamento, em especial água e esgoto; servem também de base para elaboração de políticas públicas que tentarão induzir mudanças no comportamento de consumo, reduzindo o valor desses indicadores.

#### 4.4.2. Indicadores de consumo de energia

De acordo com SILVA (2009), os *indicadores de consumo energético* são importantes fontes estratégicas de informação, uma vez que têm a função de assegurar o fornecimento do serviço, garantir a sustentabilidade da fonte gestora e proteger o meio ambiente.

Entre os indicadores mais conhecidos da literatura tem-se (PROSAB, 2009):

- *Consumo Específico de Energia Elétrica (CE)*: É um indicador de desempenho passível de comparação a padrões estabelecidos internacionalmente. Para composição desse indicador são necessários registros de grandezas físicas durante o mesmo período de tempo. Para o cálculo do CE, utiliza-se a equação 2:

$$CE = \frac{P_a \times t}{V} (kWh / m^3)$$

Equação (2)

Onde,  $P_a$  é a potência elétrica medida (kW);  $t$  é o tempo de bombeamento (h);  $V$  é o volume de água bombeado ( $m^3$ ).

- *Consumo Específico Normalizado de Energia Elétrica (CEN)*: Definido como “a quantidade média de energia gasta para elevar 1 metro cúbico de água a 100 metros de altura por meio de instalações de bombeamento”. É um indicador que leva em consideração as diferentes configurações de sistema de abastecimento de água. Este indicador reduz as alturas manométricas (H) de diferentes instalações a uma única altura, de modo a permitir a comparação do desempenho. Calcula-se o indicador pela equação 3:

$$CEN = \frac{P_a \times t}{V \times \frac{H_{man}}{100}} \text{ ( kWh / m}^3 \text{ / 100 )}$$

Equação (3)

Onde,  $H_{man}$  é a altura manométrica de recalque (m).

Nos sistemas prediais com finalidades residenciais, comerciais ou públicas, é comum se conhecer o número de pessoas que circulam durante o dia e sua ocupação. É notório também que, equipamentos de gerenciamento energético permitem com maior facilidade o conhecimento do consumo de energia elétrica global ou de equipamentos específicos que se desejam monitorar, como no caso de bombas de recalque. Possibilitando a utilização do índice de *consumo específico de energia por volume de água bombeada* (CE) e o de *consumo específico normalizado de energia elétrica* (CEN), além do *consumo per capita de energia* caso seja conhecido a taxa de ocupação do prédio.

Porém são necessários investimentos em equipamentos de manutenção e procedimentos operacionais para criar os índices, o que pode resultar em investimentos maiores do que a própria bomba.

#### **4.5. Consumo de energia atrelada ao consumo de água**

Estima-se que de 2% a 3% do consumo de energia do mundo ocorram em sistemas urbanos de abastecimento de água, sendo o bombeamento de água responsável por cerca de 90% a 95% do total. A energia é necessária para mover a água através dos sistemas de água municipais, fazendo com que cada litro de água consumido também represente um consumo específico de energia (PROSAB, LIVRO 5, 2009).

No ano de 2008 o consumo total de energia elétrica dos prestadores de serviços do setor aproximou-se de 10 bilhões de kWh/ano (PROCEL SANEAR, 2008). Onde 75% dos sistemas são superdimensionados (EUROPUMP e HYDRAULIC INSTITUTE, 2004), resultando na perda de eficiência energética em função de mau dimensionamento.

Recomendações simples do PROCEL referem-se a evitar o bombeamento de água no horário de ponta, verificação da alimentação do motor, dimensionar corretamente os motores e dar preferência aos de alto rendimento (PROCEL ELETROBRÁS, 2001).

Alliance (2002) recomenda um procedimento para projeto baseado nos itens:

- Necessidade da bomba;
- Correto dimensionamento;
- Eficiência da bomba;
- Altura de sucção da bomba com a altura de sucção do sistema deve estar associada;
- Eficiência dos controles;
- Correta instalação do inversor de velocidade.

Embora o consumo de energia elétrica seja muito variável dependendo do sistema de abastecimento considerado, TSUTYIA (2001) apresenta um índice médio de referência de 0,6kWh/m<sup>3</sup> de água produzida.

O SNIS (2007) apresentou indicadores de consumo de energia (kWh/m<sup>3</sup>) das empresas estaduais de distribuição de água (Quadro 3). Este quadro evidencia o potencial de redução do consumo de energia elétrica que as empresas de distribuição de água, dado que o valor do SNIS disponibilizado pelo Ministério das Cidades é de 0,68 kWh/m<sup>3</sup>. Há uma margem ainda maior de redução de consumo, logo aumento de eficiência, se comparados aos valores do consumo (CEN) de 0,5 kWh/m<sup>3</sup> para cada 100 m de altura manométrica, apresentado por Alegre (2006).

**Quadro 3: Indicadores de Consumo de energia (kWh/m<sup>3</sup>).**

INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (ÁGUA) (kWh/m <sup>3</sup> ) - I <sub>058</sub>			
NORTE		SUDESTE	
CAER/RR	0,33	CEDAE/RJ	0,50
CAERD/RO		CESAN/ES	0,50
CAESA/AP		COPASA/MG	0,82
COSAMA/AM	0,34	SABESP/SP	0,64
COSANPA/PA	1,04	Totalizações para a região	0,62
DEAS/AC	0,58	SUL	
SANEATINS/TO	0,60	CASAN/SC	0,59
Totalizações para a região	0,79	CORSAN/RS	
NORDESTE		SANEPAR/PR	0,83
AGESPISA/PI	0,61	Totalizações para a região	0,77
CAEMA/MA	0,67	CENTRO-OESTE	
CAERN/RN	0,64	CAESB/DF	0,85
CAGECE/CE	0,51	SANEAGO/GO	0,76
CAGEPA/PB	0,86	SANESUL/MS	
CASAL/AL	1,06	Totalizações para a região	0,80
COMPESA/PE	0,73		
DESO/SE	1,24		
EMBASA/BA	0,82		
Totalizações para a região	0,75	Totalizações para o grupo	0,68

Fonte: Gomes 2009, *apud* Pertel 2009

É interessante também destacar que, sistemas de abastecimento não são estanques, o que torna o gerenciamento de perdas de água um assunto estratégico para a sociedade como um todo e, em especial, para os prestadores de serviços de saneamento. Portanto os vazamentos, os furtos, os desperdícios do consumidor e a distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. Assim, as atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planejadas conjuntamente.

Um exemplo ilustrativo esclarece sobre a quantidade de energia consumida pelo chuveiro em relação aos outros aparelhos (Tabela 4). Um consumidor do Espírito Santo gasta 308,81 R\$/MWh (Figura 3), convertendo a unidade 0,31 R\$/kWh. Pela equação 4, tem-se o custo mensal da energia para o consumidor pelo uso do chuveiro elétrico.

$$C_m = E_c \times T_m \quad \text{Equação (4)}$$

$$C_m = 70 \text{ (kWh)} \times 0,31 \text{ (R\$/kWh)} \rightarrow C = 21,70 \text{ R\$}$$

Onde;  $C_m$  é o custo mensal do uso do chuveiro (R\$);  $E_c$  é energia consumida (kWh) e  $T_m$  é a tarifação média em kWh/m<sup>3</sup>.

Assim o valor a ser pago pelo consumidor devido ao uso do chuveiro é de 21,70 reais por mês, levando em conta que foram consumidos 70 kWh em um mês. Podendo este custo aumentar caso o aumento do consumo de energia seja feito durante o horário de ponta sujeito a maior tarifação.

**Tabela 4: Consumo de energia de eletrodomésticos**

Aparelhos Elétricos	Potência (W)	Dia estimados Uso/Mês	Média de Utilização/dia	Consumo Médio Mensal (KWh)
Ar condicionado	1000	30	4 h	120
Aparelho de Som	80	20	3 h	4,8
Chuveiro elétrico	3500	30	40 min	70
Computador	180	30	3 h	16,2
Forno microondas	1200	30	20 min	12
Freezer	130	-	-	50
Geladeira 1 porta	90	-	-	30
Lâmpada Incandescente 60W	60	30	5 h	90
Lavadora de roupas	500	12	1 h	6
Liquidificador	300	15	15 min	1,1
Televisão de 20"	90	30	5 h	13,5
Ventilador de teto	120	30	8 h	28,8

Fonte: Procel (2007). Disponível em: <http://www.eletronbras.com/elb/procel>

#### 4.6. Metodologia para tratamento estatístico

Para dispor informações de forma mais clara, a estatística descritiva descreve em um número uma característica de uma série de dados. Neste sentido é importante esclarecer elementos que compõem a estatística descritiva (TOLEDO, OVALLE, 1995):

- *Número de elementos*: Quantidade de dados que compõem uma série.
- *Média*: Medida de tendência central usada para descrever uma distribuição de frequência, podendo ser calculado pela média aritmética, geométrica ou harmônica.
- *Mediana*: Valor que divide uma série ordenada de tal forma que pelo menos a metade ou cinquenta por cento dos itens sejam iguais ou maiores do que ela, dividindo a distribuição ou conjunto de dados em partes iguais.

- *Desvio Padrão*: É a medida de dispersão dos dados em relação a média da distribuição de frequência.
- *Coefficiente de Variação*: É a porcentagem cujo cálculo resulta da comparação entre o desvio padrão e a média ou mediana.
- *Percentil*: Valor que divide uma distribuição em cem partes iguais.
- *Valor Máximo*: Máximo valor da distribuição de dados.
- *Valor Mínimo*: Mínimo valor da distribuição de dados.

#### 4.7. Regressões lineares e múltiplas

De acordo com (TOLEDO, OVALLE, 1995), as regressões lineares tem por objetivo descrever através de um modelo matemático, a relação existente entre duas variáveis, a partir de n observações dessas variáveis.

Supondo X a variável explicativa e Y a variável explicada, diremos que Y é função de X;  $Y=f(X)$ . Considera-se na regressão que apenas a variável Y é aleatória e a variável X como supostamente sem erro. Então a relação entre X e Y não é regida apenas por uma lei de formação matemática, ou seja, para um valor de X, não observaremos necessariamente o mesmo Y. Assim sendo, a relação entre X e Y deverá ser escrita pela equação 5.

$$Y = f(x) + e \qquad \text{Equação (5)}$$

Dado um conjunto de valores observados de X e Y, construir um modelo de regressão linear de Y sobre X consiste em obter, a partir desses valores, uma reta que melhor represente a relação verdadeira entre essas variáveis.

A determinação dos parâmetros dessa reta é denominada ajustamento. O processo de ajustamento deve partir da escolha da função através da qual os valores de X explicarão os de Y. Para isso recorre-se a um gráfico conhecido como *diagrama de dispersão*. Esse gráfico é construído plotando em um sistema de coordenadas retangulares os pontos correspondentes X e Y.

#### 4.8. Estudo de Viabilidade Econômica

Para avaliar se o projeto é viável, faz-se necessário determinar índices de avaliação econômica. De acordo com Hirschfeld (2007) têm-se os seguintes índices:

- **Valor Presente Líquido (VPL):** A somatória algébrica de todos os valores envolvidos nos  $n$  períodos considerados, reduzidos ao instante considerado inicial ou instante zero e sendo  $i$  a taxa de juros comparativa, dado pela equação 6.

$$VPL_j = \sum_{j=0}^n F_n \cdot (1+i)^{-n} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde  $VPL_j$  é o valor presente líquido de um fluxo de caixa;  $F_n$  é cada um dos valores envolvidos no fluxo de caixa e ocorrem em  $n$  períodos. É interessante destacar também que a convenção de sinais usa valores positivos aos benefícios e valores negativos aos custos.

- **Tempo de Retorno do Capital (TRC):** é o número de períodos necessários para que o Valor Presente Líquido do investimento seja nulo, levando-se em conta a taxa de juros e de aumento das tarifas. A análise do TRC está muito relacionada à vida útil do projeto, de modo que o investimento é considerado atrativo se o tempo de retorno do capital é inferior à vida útil do projeto;
- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** é a taxa de juros que, quando aplicada, anula o Valor Presente Líquido do investimento. São considerados atrativos, quanto à análise da TIR, os projetos em que a taxa interna de retorno é superior à taxa de juros do mercado.
- **Relação Benefício-Custo (B/C):** é a razão entre todos os benefícios e todos os custos envolvidos no projeto, contabilizados numa mesma referência de tempo. São considerados atrativos os projetos em que a relação benefício-custo é superior a 1, sendo que, quanto maior a B/C, mais atrativo é o projeto.



## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Características Gerais

Para a realização deste projeto fez-se o monitoramento do edifício Luiz Nogueira. Esta edificação está localizada na Rua Moacyr Avidos, Praia do Canto, Vitória ES. Esse bairro é considerado de classe média alta e a edificação monitorada é residencial de categoria de luxo. O edifício possui 19 pavimentos, onde: 1 é subsolo, 1 pavimento térreo e 17 pavimentos de apartamentos (Figura 6) sendo um apartamento por andar.



Figura 6: Edifício monitorado, Luiz Nogueira.

A edificação possui 5543,52 m<sup>2</sup> de área construída e 2703,85 m<sup>2</sup> de área computável. Já o pavimento térreo possui uma área de 744,39 m<sup>2</sup>, onde 91,33 m<sup>2</sup> é área permeável. Já o pavimento tipo possui 220,92 m<sup>2</sup> de área total e 159,05 m<sup>2</sup> de área computável. Possui varanda, 4 banheiros, 1 lavabo, 4quartos, sala, copa, cozinha, área de serviço (Figura 7).



Figura 7: Planta humanizada sem escala pavimento tipo.

Fonte: CONSTRUTORA MAZZINI GOMES

No subsolo localizam-se a Estação de Tratamento de Água Cinza(ETAC), o Reservatório Inferior de Água Potável (RIAP) e o Reservatório Inferior de Água de Reúso (RIAR), ilustrados na Figura 8 e 9.



Figura 8: ETAC localizada no subsolo.

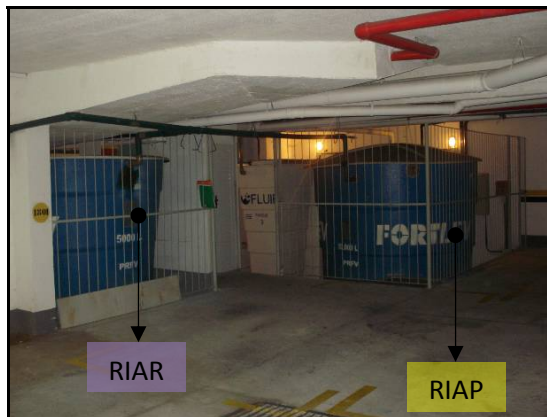


Figura 9: Vistas das Cisternas RIAP e RIAR.

## 5.2. Monitoramento do consumo de energia e do consumo de água

O monitoramento consiste na medição das vazões das bombas de recalque de água potável e água de reúso, além da medição do consumo de energia das bombas de remoção de lodo, aeração e bomba de recirculação. Foram implantados cinco medidores de energia modelo RE6000 EMBRASUL(Figura 10) para obtenção dos valores de energia a serem usados no balanço energético.



Figura 10: Analisador de energia utilizado no monitoramento.

Já a coleta de dados de vazão foi retirada dos hidrômetros de cada bomba de 14 de julho de 2010 à 30 de junho de 2011. A coleta foi feita diariamente. Esta setorização permite a determinação do consumo de água de 24 horas por via da diferença entre duas medições consecutivas.

### 5.3. Tratamento de dados

Para o tratamento de dados fez-se uso do Software Excel, para obtenção da estatística descritiva dos parâmetros analisados (média, mediana, desvio padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação).

Além da determinação das séries históricas, que informam o comportamento do consumo e gráficos que indicam a proporção de consumo de água e energia.

Foram determinados também os indicadores de consumo de energia e de água dos apartamentos por habitante, além do consumo de energia e água por área. Pode-se ainda calcular os indicadores de consumo de energia em relação ao recalque de água potável e o indicador de consumo de energia para recalque de água de reuso.

Assim pode-se calcular o quanto de água foi economizada a partir da série de vazões e qual foi o acréscimo no consumo de energia pela instalação da ETAC. Por fim, foram calculados os indicadores econômicos para determinar a viabilidade econômica do projeto.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1. Caracterização do consumo geral de energia.

Para caracterizar o consumo geral de energia do edifício fez-se um gráfico da série histórica do consumo de energia (Figura 11), cálculo de parâmetros estatísticos (Tabela 5) além da determinação de indicadores de consumo para o mês de junho de 2011.

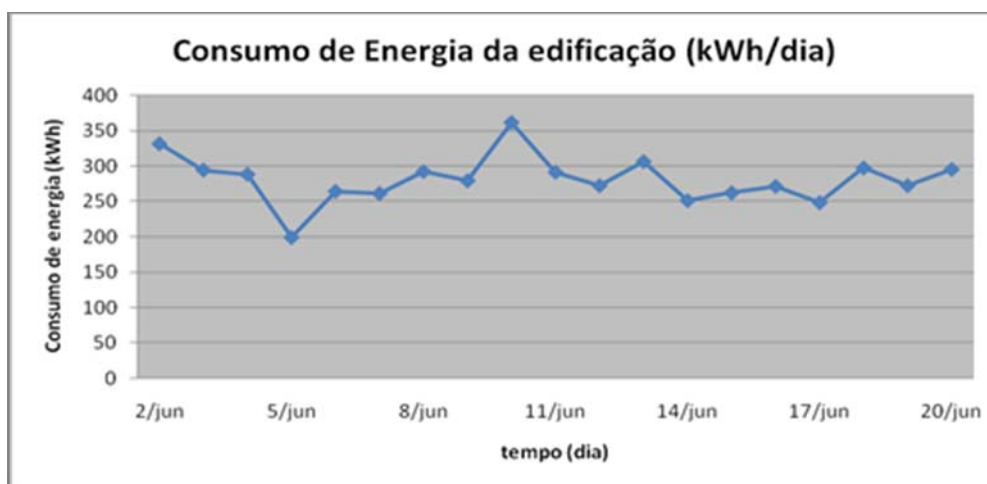


Figura 11: Série histórica do consumo energético do edifício Luiz Nogueira.

Obteve-se um consumo médio de 8422,20 kWh/mês extrapolado pelo valor de 280,74 kWh/dia da tabela 5, além de uma considerável variabilidade dos dados monitorados de consumo de energia, característica esta, explícita pelos valores do desvio padrão e coeficiente de variação.

**Tabela 5: Estatística descritiva do consumo geral de energia**

Parâmetros Estatísticos	Valor
<b>Média</b>	<b>280,74</b>
<b>Mediana</b>	<b>279,00</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>32,80</b>
<b>Máximo</b>	<b>361,00</b>
<b>Mínimo</b>	<b>199,00</b>
<b>Coef. de Variação (%)</b>	<b>11,68</b>

Além disso, foram calculados os indicadores de consumo de energia. Obteve-se assim um consumo *per capita* de 4,06 kWh/hab.dia, pois são consumidos uma média diária de 280,74 kWh de energia para uma média de 69 pessoas no prédio. E ao levar em consideração a área total da edificação pode-se calcular o indicador de consumo diário por área de 0,05 kWh/m<sup>2</sup>.dia para o edifício Luiz Nogueira.

## 6.2. Caracterização dos Compartimentos de Consumo de Energia

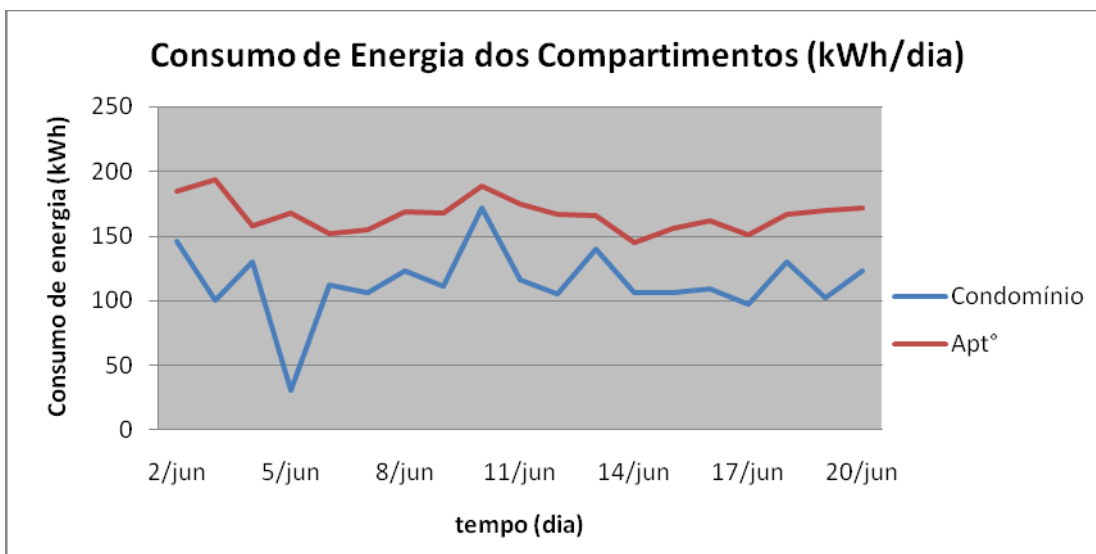
A Caracterização dos compartimentos de consumo consiste na apresentação de séries históricas, parâmetros estatísticos, indicadores de consumo de energia e Gráficos de Proporção. Leva-se em conta que o consumo é dado pelos apartamentos (medidor individualizado) e condomínio (elevadores, Iluminação, Bombas de recalque, Bombas da ETAC).

A Tabela 6, juntamente com a Figura 12, permitem mostrar que há variabilidade no consumo de energia do condomínio ao passo que o consumo de energia dos apartamentos o consumo é mais estável.

**Tabela 6: Estatística Descritiva dos Compartimentos do Consumo de energia**

Estatística Descritiva		
Param. Estatísticos	Condomínio	Apartamentos
<b>Média</b>	<b>113,95</b>	<b>166,79</b>
<b>Mediana</b>	<b>111,00</b>	<b>167,00</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>26,73</b>	<b>12,52</b>
<b>Máximo</b>	<b>172,00</b>	<b>194,00</b>
<b>Mínimo</b>	<b>31,00</b>	<b>145,00</b>
<b>Coef. de Variação</b>	<b>23,45</b>	<b>7,51</b>

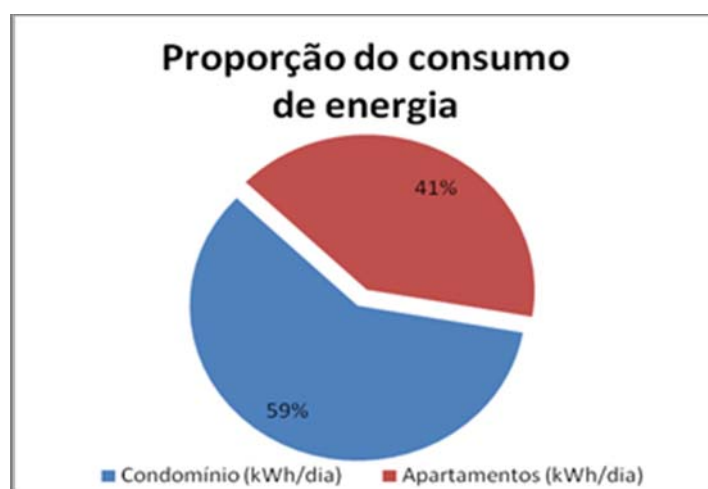
Outra observação importante é que o consumo de energia dos apartamentos é maior do que a contribuição de consumo do condomínio.



**Figura 12: Série Histórica dos Compartimentos de Consumo de Energia**

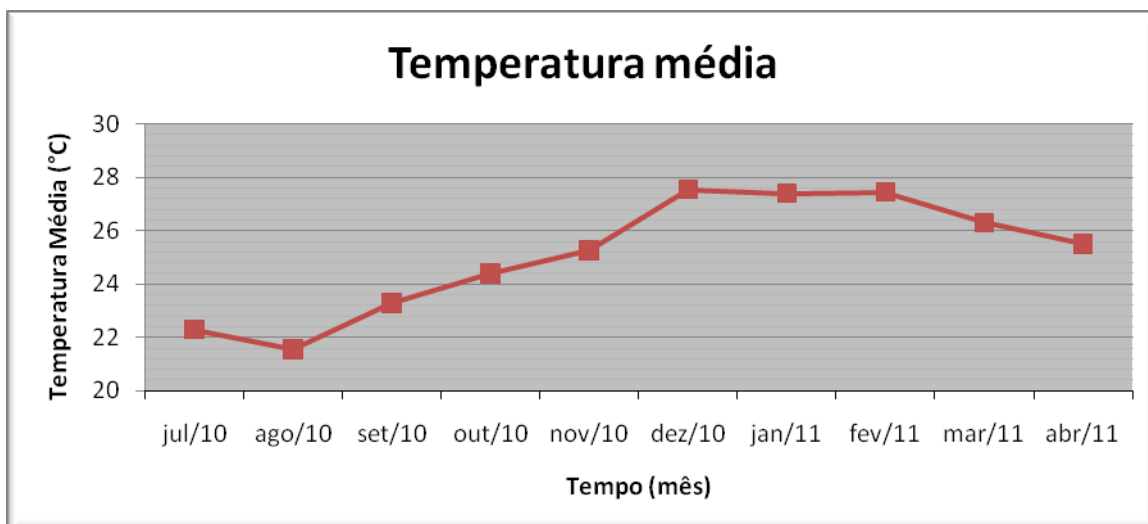
Com o monitoramento calculou-se os indicadores de consumo de energia. Obtendo-se assim um consumo *per capita* de 1,65 kWh/hab.dia e 0,05 kWh/m<sup>2</sup>.dia para consumo diário por unidade de área, para o condomínio, enquanto que para os apartamentos o consumo per capita é de 2,41kWh/hab e o consumo diário por unidade de área é de 1,05 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Considerou-se a área comum de 2251,08 m<sup>2</sup> para edificação (térreo, pilotis e subsolo) e a área computável de 159,05 m<sup>2</sup> para os apartamentos.

A figura 13 explicita a proporção de consumo de energia entre os compartimentos do edifício Luiz Nogueira.



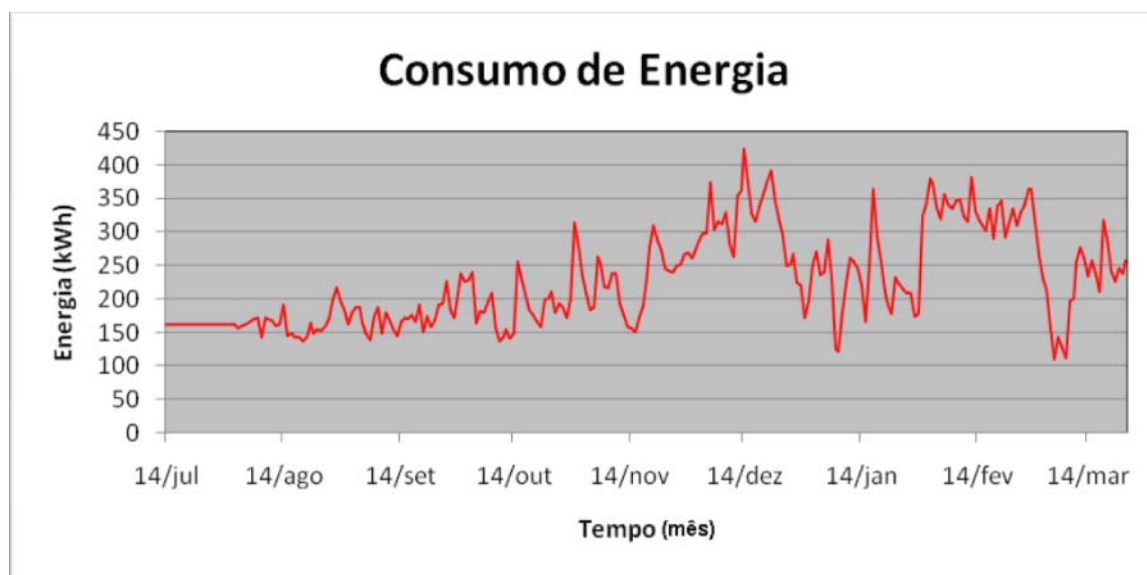
**Figura 13: Proporção do consumo de energia**

Analisando a Figura 14 e a Figura 15, observa-se uma relação do aumento do consumo de energia dos apartamentos como aumento da temperatura média para o período de julho de 2010 à março de 2011.



**Figura 14: Perfil de temperatura média**

Fonte:INCAPER, 2011

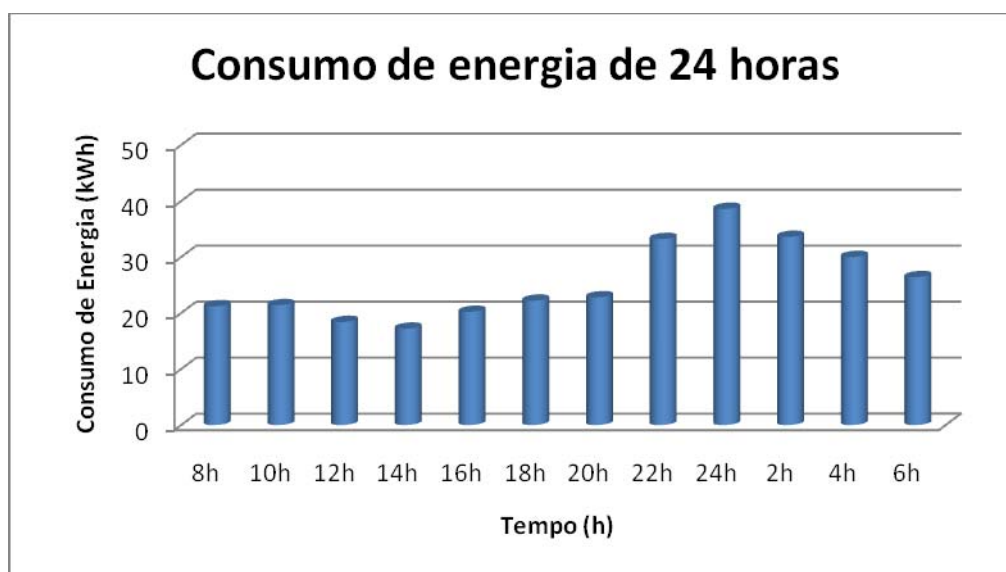


**Figura 15: Perfil do consumo de energia dos apartamentos do Luiz Nogueira**

Nota-se que a temperatura média aumenta a partir de outubro, atingindo os máximos valores em dezembro e janeiro. Esse mesmo comportamento é observado para o consumo de energia.

Uma justificativa é a maior frequência de uso de ar-condicionado, ventiladores, entre outros equipamentos relacionados a conforto térmico.

Outra análise importante é feita a partir do monitoramento realizado a cada 2 horas do dia 15 de junho de 2011 e 16 de junho de 2011. Permitindo assim a determinação do perfil horário do consumo de energia (Figura 16).



**Figura 16: Perfil horário de consumo de energia.**

Pela Figura 16 observa-se maior consumo no período noturno fora do horário de ponta estabelecido pela Concessionária de Energia que é das 18 horas às 21 horas (ESCELSA).

### **6.3. Caracterização dos Compartimentos de Consumo no Condomínio**

A análise dos compartimentos do Condomínio é dividida em bomba de recalque de água potável, bomba de recalque de água de reúso, ETAC, além da parcela de consumo referente à iluminação, elevadores, entre outros serviços. Seguindo os mesmos critérios foram calculados os parâmetros estatísticos, indicadores de consumo e confecção dos gráficos e séries históricas.

A Figura 17 indica o perfil de consumo de energia das bombas de recalque de água de reúso e de água potável, além do consumo de energia das bombas que compõem a ETAC. É importante esclarecer que o consumo de energia da ETAC é devido à bomba de recirculação de lodo, bomba do filtro e aerador. A bomba de recalque de água potável apresenta grande variabilidade no consumo de energia estando abaixo do consumo de energia

da ETAC. Já a bomba de recalque de água de reúso apresenta menor consumo de energia.

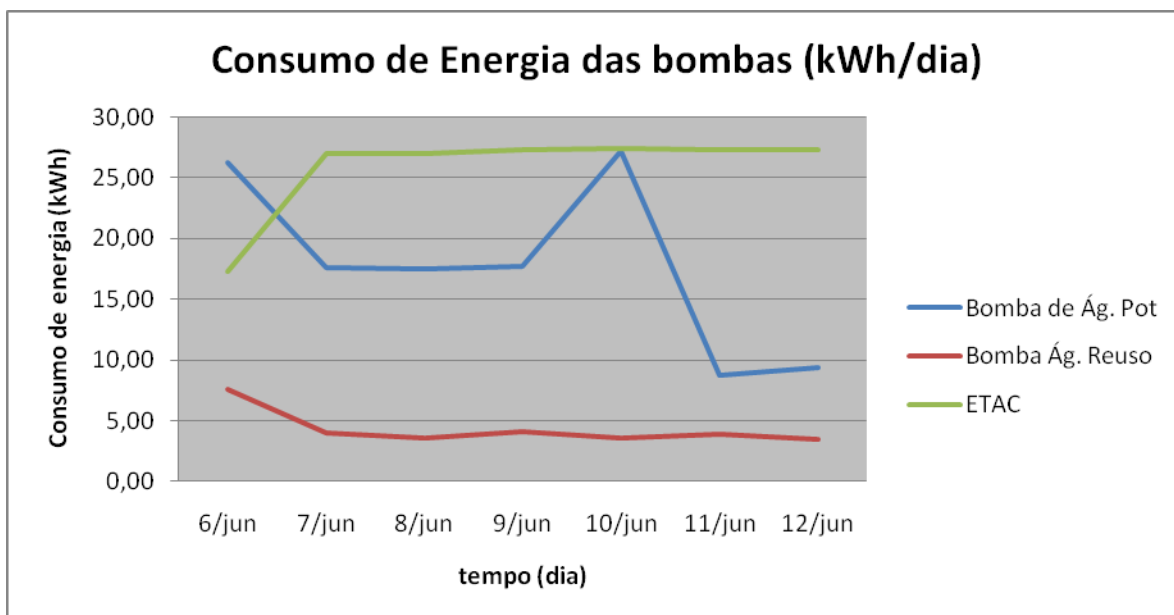


Figura 17: Perfil de Consumo das Bombas de Recalque e da ETAC

Pela Tabela 7 pode-se notar a baixa variabilidade do consumo de energia da ETAC, assim como a maior parcela de consumo das bombas está na ETAC, observando o valor do coeficiente de variação.

Tabela 7: Estatística Descritiva dos Compartimentos do Condomínio

Compartimentos do Condomínio			
Parâmetros Estatísticos	Bomba de recalque Água Pot. (kWh/dia)	Bomba de recalque de Água de reúso (kWh/dia)	ETAC (kWh/dia)
Média	17,77	4,30	25,81
Mediana	17,56	3,90	27,27
Desvio Padrão	6,71	1,37	3,47
Máximo	27,23	7,63	27,30
Mínimo	8,70	3,48	17,31
Coef. de Variação	37,784	31,919	13,447

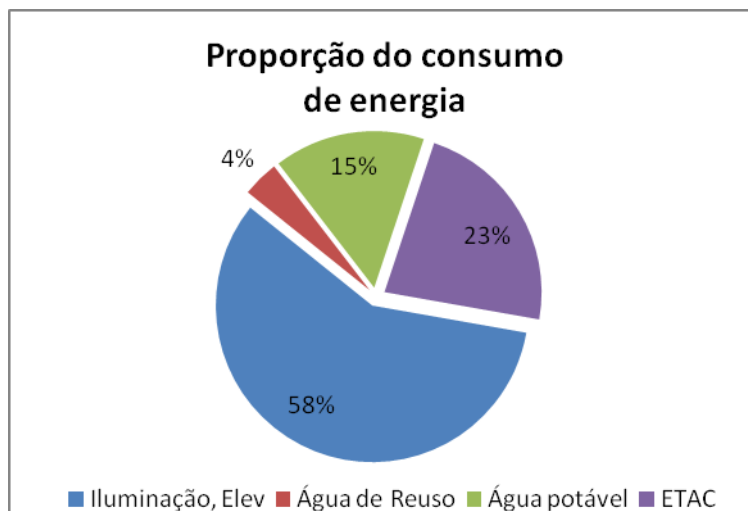
Calcularam-se também os indicadores de energia das bombas de recalque de água potável, bombas de água de reúso e das bombas que compõem a ETAC. A Tabela 8 evidencia o baixo valor para o indicador de consumo de energia para a bomba de recalque de água de reúso e com maior expressividade o indicador de consumo da ETAC.

Tabela 8: Indicadores do consumo de Energia

Indicadores de consumo de Energia	Bombas de recalque de água Potável	Bombas de recalque de água de Reúso	ETAC
kWh/hab.dia	0,27	0,06	0,37
kWh.m <sup>2</sup> .dia	0,11	0,03	0,16

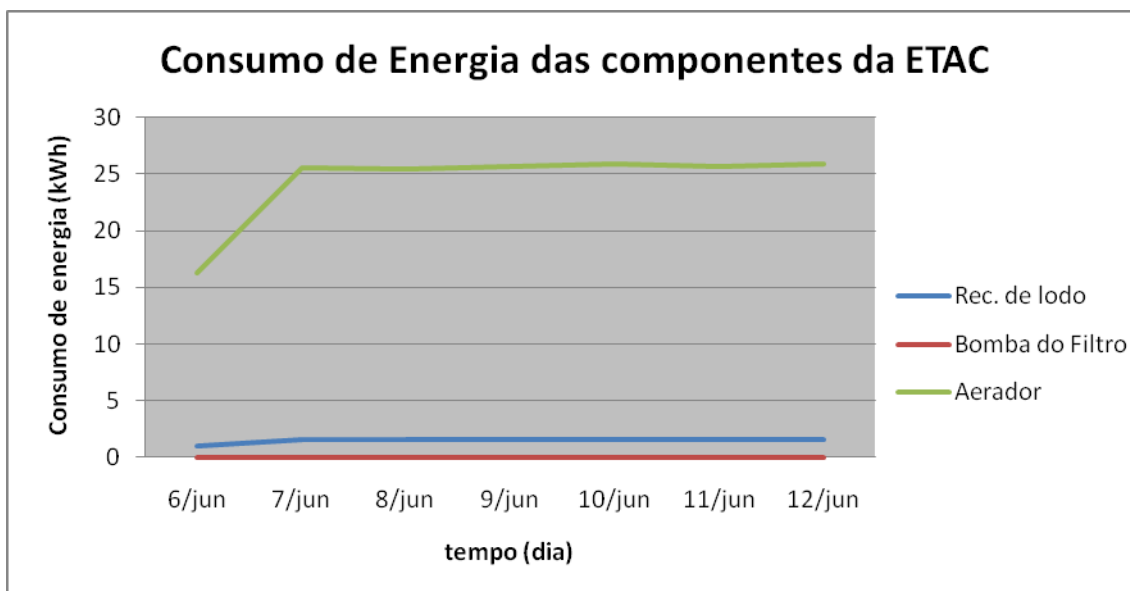


Pela Figura 18 nota-se que a parcela significativa do consumo de energia provém de iluminação, elevador e outros gastos do condomínio, seguido do consumo da ETAC, das bombas de recalque de água potável e água de reúso.



**Figura 18: Proporção do Consumo de Energia do Condomínio**

Analisando a ETAC por via de seus compartimentos observa-se que a maior parcela do consumo é fornecida pelo aerador (Figura 19), seguido da bomba de recirculação de lodo. A bomba do filtro não estava funcionando e por isso apresentou valores nulos em sua estatística descritiva.



**Figura 19: Consumo de Energia do Aerador, Bomba do Filtro e Recirculador de lodo.**

Merece destaque ainda que 94,5% do consumo de energia da ETAC provém do aerador. A Tabela 9 confirma a contribuição do consumo do aerador

para o consumo geral de energia da ETAC e ainda indica a baixa variabilidade do consumo de energia para as bombas que compõem a ETAC.

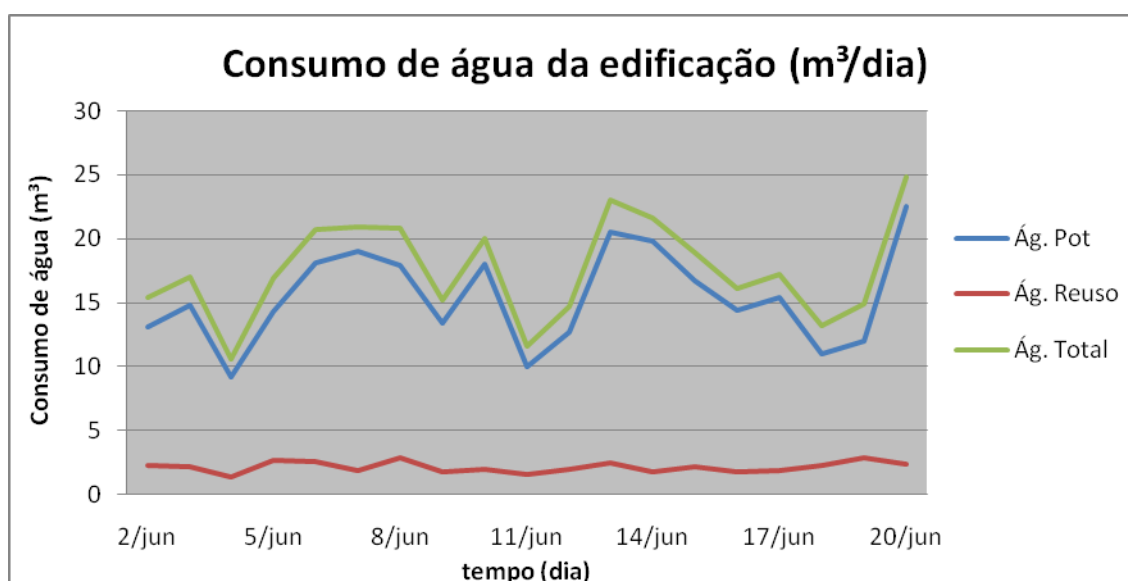
**Tabela 9: Estatística Descritiva do Consumo de energia dos compartimentos da ETAC.**

<b>Dados estatísticos do consumo de energia das bombas da ETAC</b>			
<b>parâmetros</b>	<b>lodo</b>	<b>filtro</b>	<b>Aerador</b>
<b>média</b>	1,48	0,0	24,33
<b>mediana</b>	1,54	0,0	25,68
<b>mínimo</b>	1,04	0,0	16,28
<b>máximo</b>	1,590	0,0	25,85
<b>desvio padrão</b>	0,18	0,0	3,29
<b>coef. de variação</b>	12,37	0,0	13,53

Foram obtidos assim os indicadores de consumo de energia por habitantes de 0,021 kwh/hab.dia para a bomba de recirculação de lodo, 0,35 kWh/hab.dia para o aerador. Enquanto que o filtro não se obteve um valor devido a problemas na ETAC.

#### **6.4. Caracterização do Consumo de água Potável e de água de Reúso**

A caracterização do consumo de água contém a série histórica do consumo realizado no período de 2 de junho de 2011 à 20 de junho de 2011. A Figura 20 indica que o consumo de água potável é muito alto em relação ao consumo de água de reúso, apresentando assim um potencial de redução de água potável a partir da reutilização de mais água de reúso.



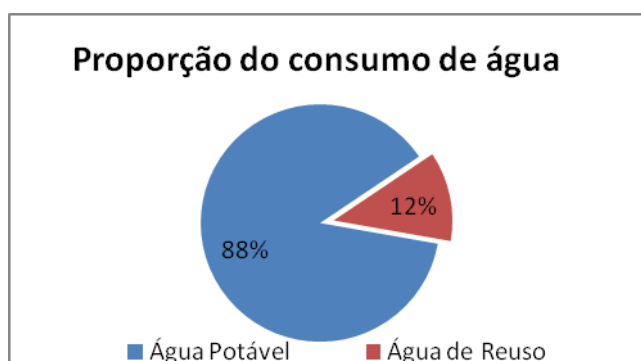
**Figura 20: Perfil de consumo de água no Edifício Luiz Nogueira**

Uma prova concreta é que o consumo de água potável, apesar de apresentar grande variabilidade, em toda a série é superior ao consumo de água de reúso. A Tabela 10 confirma a grande variabilidade do consumo de água potável e água de reúso.

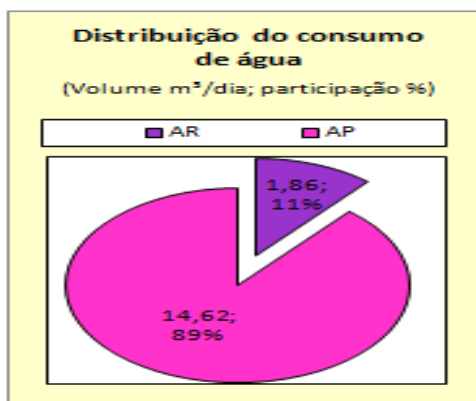
**Tabela 10: Análise estatística do consumo de água**

Parâmetros Estatísticos do consumo de água			
Par. Estatístico	Água. Pot (m <sup>3</sup> /dia)	Água Reúso (m <sup>3</sup> /dia)	Água do total (m <sup>3</sup> /dia)
Média	15,42	2,14	17,56
Mediana	14,85	2,15	17,05
Desvio padrão	3,62	0,40	3,76
Máximo	22,49	2,88	24,82
Mínimo	9,16	1,41	10,58
Coef. Variação (%)	23,51	18,62	21,43

É notório também o valor médio de consumo de água obtido, de 15,42 m<sup>3</sup>/dia para água potável ao passo que a água de reúso é de 2,14 m<sup>3</sup>/dia. Esta proporção fica mais clara como apresentada na Figura 21. Este perfil é bem próximo ao apresentado por Aguiar (2011), na qual obteve a proporção de consumo de água conforme Figura 22.



**Figura 21: Proporção do consumo de água do edifício Luiz Nogueira**



**Figura 22: Distribuição do consumo de água**

Fonte: Aguiar (2011)

Foram calculados ainda os indicadores *per capita* e por área na edificação como ilustrados na Tabela 11.

**Tabela 11: Indicadores de consumo de água do edifício Luiz Nogueira.**

Indicadores	Água Potável	Água de Reúso	Água do Total
l/hab.dia	223,31	31,00	254,31
l/m <sup>2</sup> .dia	96,94	13,47	110,42

Por uma simples conversão de unidade tem-se o indicador de consumo de água potável de 0,223 m<sup>3</sup>/hab.dia e para água de reúso o valor de 0,0315 m<sup>3</sup>/hab.dia.

### 6.5. Cálculo da Componente energética dos m<sup>3</sup> de água potável e água de reúso.

Com os valores obtidos pelos indicadores de consumo de água expresso em m<sup>3</sup>.hab.dia e os valores obtidos pelos indicadores de consumo de energia (Tabela 8) pode-se calcular a componente de energia para cada compartimento conforme Tabela 12.

**Tabela 12: Gasto energético para recalque de água no edifício Luiz Nogueira**

Compartimento	Indicadores de água (m <sup>3</sup> /hab.dia)	Indicadores de energia (kWh/hab.dia)	Componente energética (kWh/m <sup>3</sup> )
Bomba de Água Potável	0,223	0,257	1,15
Bomba de Água de Reúso	0,03	0,06	2,0
Aerador	0,03	0,35	11,66
Bomba de Rec. de lodo	0,03	0,021	0,7

Para determinação da componente energética é feito a divisão do indicador de energia pelo valor do indicador de água. Assim o presente estudo obteve 1,15 kWh para cada metro cúbico de água potável recalçada e 2,0 kWh para cada metro cúbico de água de reúso recalçada.

Já para o tratamento obteve-se os valores de 11,66 kWh/m<sup>3</sup> para o aerador e 0,7 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recirculação de lodo, que apontam uma má operação da ETAC.

Para título de comparação Pertel (2008) obteve um valor de 1,40 kWh/m<sup>3</sup> oriundo de 20 m<sup>3</sup> de água recalçada e 28 kWh de energia, para um edifício convencional situado no mesmo bairro do presente estudo.



## 6.6. Estudo de Viabilidade Econômica

O estudo de viabilidade econômica foi dividido em 5 etapas conforme listado abaixo:

- 1º Etapa: Cálculo do Benefício reutilização de água de reúso.

O benefício que a ETAC propicia é uma economia do consumo de água potável fornecida pelo sistema de abastecimento público. Nesse caso o Luiz Nogueira apresentou uma economia de 2,14 m<sup>3</sup>/dia. Com a tarifa de 6,85 R\$/m<sup>3</sup> (CESAN) tem-se uma economia anual de 5284,64 R\$.

- 2º Etapa: Determinação do Custo Anual da ETAC.

Os custos de operação e manutenção da ETAC estão discriminados na Tabela 13.

**Tabela 13: Custo de operação e manutenção da ETAC.**

<b>Custo da ETAC</b>	
<b>Energia</b>	
Energia (kWh/dia)	25,81
Tarifa (R\$/m <sup>3</sup> )	0,328
Custo da energia	3047,64
<b>Subtotal</b>	<b>3047,64</b>
<b>Materiais</b>	
Pastilhas de cloro	20,00
Produtos de limpeza, EPIs	20,00
Mão de obra	180,00
<b>Subtotal</b>	<b>220,00</b>
<b>Operação e manutenção</b>	
Remoção de Lodo	300,00
Manutenção de Equipamentos	30,00
<b>Subtotal</b>	<b>60,00</b>
<b>Custo Total</b>	<b>3597,64</b>

Vale lembrar ainda que o custo de instalação da ETAC é de R\$ 55.000.

- 3º Etapa: Aumento da Tarifa de água, do custo de operação e para a taxa de juros.

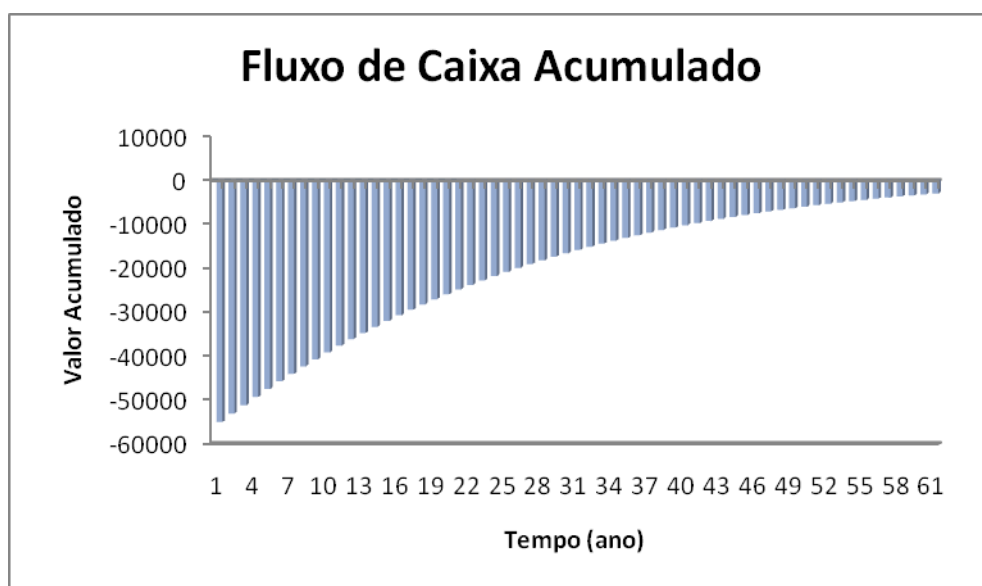
Na terceira etapa foram realizadas estimativas para o aumento da tarifa de água e do custo de operação da ETAC e para a taxa de juros. As estimativas da taxa de aumento da tarifa de água e do custo de operação foram obtidas a partir da média dos reajustes entre os anos de 2004 e 2010. Para a tarifa de água as informações necessárias foram obtidas junto à CESAN, enquanto para o reajuste do custo de operação foi considerado apenas o histórico de reajustes da tarifa de energia, obtido junto à ANEEL(Tabela 14).

**Tabela 14: Estimativa das Taxas de Juros.**

Parâmetro	Estimativa
Taxa de juros (a.a)	10,0%
Taxa de aumento da tarifa de água (a.a)	4,77%
Taxa de aumento do custo de operação (a.a)	3,25%

- 4º Etapa: Fluxo de Caixa Anual

Conhecendo as taxas de juros, os custos anuais uniformes, os benefícios anuais uniformes e o investimento inicial, pode-se construir o fluxo de caixa acumulado anual (Figura 23).



**Figura 23: Fluxo de Caixa Acumulado da ETAC**

- 5º Etapa: Cálculo dos Indicadores Econômicos da ETAC.

O fluxo de caixa permite o cálculo dos indicadores econômicos de viabilidade. Estes indicadores estão dispostos na Tabela 15. O período de planejamento do projeto adotado foi de 20 anos que é o tempo de permanência em um imóvel em Vitória de acordo com o SINDUSCON.

**Tabela 15: Indicadores de Viabilidade Econômica**

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tempo de Retorno do Capital	80 anos
Valor Presente Líquido	R\$ -23.856
Taxa Interna de Retorno	3,9 %
Relação Benefício-Custo	0,73

Todos os indicadores apontam para a inviabilidade do projeto para o valor de 2143 l/dia de vazão de água de reúso. Pois o período de retorno é 4 vezes maior que o período de planejamento do projeto, o valor presente líquido (VPL) é negativo, a taxa de interna de retorno (TIR) está abaixo da taxa de juros do mercado que é de 10% de acordo com a Caixa Econômica Federal, além disso a relação Benefício Custo está abaixo de 1.

## **6.7. Cenário de Viabilidade do Projeto**

Este tópico tem o intuito de fornecer um valor de consumo de água de reúso que viabilizaria o projeto da ETAC. Será feito o cálculo da viabilidade econômica para este cenário.

- 1º Etapa: Cálculo do Benefício reutilização de água de reúso.

O benefício que a ETAC propicia é uma economia do consumo de água potável fornecida pelo sistema de abastecimento público. Nesse caso será utilizado o valor de 4,143 m<sup>3</sup>/dia. Com a tarifa de 6,85 R\$/m<sup>3</sup> (CESAN) tem-se uma economia anual de R\$ 10216,64.

- 2º Etapa: Determinação do Custo Anual da ETAC.

Os custos de operação e manutenção da ETAC estão discriminados na Tabela 16.



**Tabela 16: Custo de operação e manutenção da ETAC no cenário.**

<b>Custo da ETAC</b>	
<b>Energia</b>	
Energia (kWh/dia)	30,00
Tarifa (R\$/m³)	0,328
Custo da energia	3542,40
<b>Subtotal</b>	<b>3542,40</b>
<b>Materiais</b>	
Pastilhas de cloro	40,00
Produtos de limpeza, EPIs	20,00
Mão de obra	180,00
<b>Subtotal</b>	<b>220,00</b>
<b>Operação e manutenção</b>	
Remoção de Lodo	300,00
Manutenção de Equipamentos	30,00
<b>Subtotal</b>	<b>60,00</b>
<b>Custo Total</b>	<b>4132,40</b>

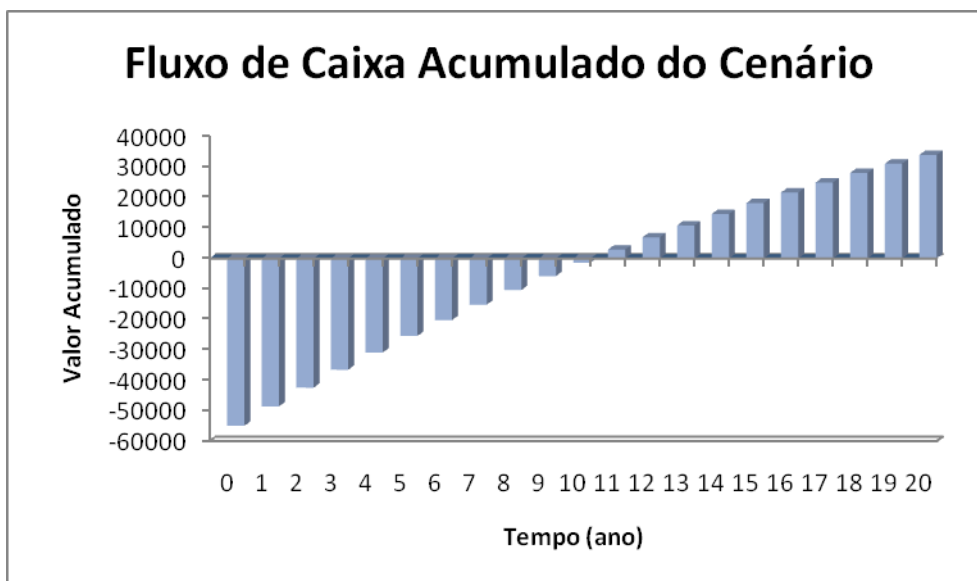
Vale lembrar ainda que o custo de instalação da ETAC é de R\$ 55.000.

- 3° Etapa: Aumento da Tarifa de água, do custo de operação e para a taxa de juros.

Foram mantidos os valores de taxa de juros usados no estudo de viabilidade conforme a Tabela 14.

- 4° Etapa: Fluxo de Caixa Anual

Conhecendo as taxas de juros, os custos anuais uniformes, os benefícios anuais uniformes e o investimento inicial, pode-se construir o fluxo de caixa acumulado anual (Figura 24).



**Figura 24: Fluxo de Caixa da ETAC para o cenário proposto.**

- 5° Etapa: Cálculo dos Indicadores Econômicos da ETAC.

O fluxo de caixa permite o cálculo dos indicadores econômicos de viabilidade. Estes indicadores estão dispostos na Tabela 17. O período de planejamento do projeto adotado foi de 20 anos que é o tempo de permanência em um imóvel em Vitória de acordo com o SINDUSCON.

**Tabela 17: Indicadores de Viabilidade Econômica para o cenário**

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tempo de Retorno do Capital	11 anos
Valor Presente Líquido	36811,89 R\$
Taxa Interna de Retorno	17,95 %
Relação Benefício-Custo	1,37

Com o cenário proposto todos os indicadores apontam a viabilidade econômica do projeto se o consumo de água de reúso for de 4143 l/dia. Pois o período de retorno é inferior ao tempo de planejamento do projeto, o VPL é positivo e a taxa interna de retorno (TIR) está acima da taxa de juros do mercado que é de 10% de acordo com a Caixa Econômica Federal, além disso, a relação Benefício Custo é superior a 1.

## 7. CONCLUSÃO

A conclusão desse trabalho é que o projeto de reúso de água cinza, por via da implantação de uma ETAC no edifício Luiz Nogueira é inviável, do ponto de vista econômico, uma vez que, o benefício gerado pela economia de água não supre os custos de instalação, operação e manutenção da ETAC, para os valores de consumo de água de reúso e consumo de energia da bomba de recalque de água de reúso, monitorados.

É importante salientar que o consumo de água de reúso do prédio ainda é muito baixo em relação ao consumo de água potável oriunda do sistema público de abastecimento. A proporção do edifício é de 12% para água de reúso e 88% para água potável (Figura 21).

Outra conclusão diz respeito ao objetivo do projeto, que é o valor de 1,15 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recalque de água de reúso e 2,0 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recalque de água potável, para o indicador de consumo específico de energia elétrica (Tabela 12). Este indicador informa que a bomba de recalque de água de reúso demanda mais energia para recalcar 1m<sup>3</sup> de água do que a bomba de recalque de água potável.

Outra conclusão pertinente ao projeto é quanto ao indicador de consumo de energia dos compartimentos da ETAC, que apresentou um consumo de 11,6 kWh/m<sup>3</sup> para o aerador e 0,7 kWh/m<sup>3</sup> para a bomba de recirculação de lodo.

É importante salientar que a edificação apresentou um aumento no consumo de energia nos apartamentos (Figura 15) nos períodos mais quentes do ano (Figura 14), uma justificativa para este comportamento é a maior frequência de uso do ar-condicionado.

Além disso, o consumo de energia diário não é no horário de ponta conforme Figura 16.

Por fim, deve-se potencializar o consumo de água de reúso de forma que o projeto torne-se viável. Uma alternativa é o aumento do consumo de água de reúso conforme cenário proposto no item 6.7.

## **8. RECOMENDAÇÕES**

As recomendações buscam aprimorar o conhecimento sobre a reutilização de água cinza em edifícios residenciais, por via de:

- Potencialização do consumo de água de reúso numa edificação residencial. Diminuindo o gasto energético para recalque de água.
- Rigor na manutenção da ETAC, visando evitar a paralisação da ETAC e do monitoramento de água e energia.
- Analisar o dimensionamento das bombas de recalque de forma a otimizar a eficiência energética.

## 9. BIBLIOGRAFIA

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Cartilha de sobre uso eficiente de energia elétrica.

Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/cartilha\\_uso\\_eficiente.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/cartilha_uso_eficiente.pdf)

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 272 p.

DEOREO, W.B. *et al.* The end uses of hot water in single family homes from flow trace analysis. Aquacraft Inc. Report, 2000.

ELETROBRÁS – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL, (2007). Disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/procel>

FIORI, S; FERNANDES, V. M. C; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6 n.1, p.19 – 30, jan.mar.2006.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1. 290 p.

GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de Águas Cinza. In: GONÇALVES, R. Franci (Coord.). Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 153-222.

GONÇALVES, R.F; SILVA, G.M; WANKE, RENATA. Uma nova geração de edifícios “verdes” com reúso de águas cinza em Vitória (ES). VII Seminário Estadual Sobre Saneamento e Meio Ambiente (2007).

HIRSCHFELD, H; Engenharia econômica e análises de custos, 7.ed.São Paulo: Atlas, 2007.

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/>. Acesso em 20 de abril de 2011.

PERTEL, M. Caracterização do Uso da Água e da Energia Associada à Água em uma Edificação Residencial Convencional e uma Dotada de um Sistema de Reúso de Águas Cinza. Vitória, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Disponível em: [www2.cidades.gov.br/pncda/default.asp?Link=Apresentacao](http://www2.cidades.gov.br/pncda/default.asp?Link=Apresentacao)>. Acesso em: 12 de dezembro de 2010.

SILVA, B. C. et al. Otimização hidro energética de sistemas públicos de distribuição de água; HIDROESP, 2009.

THACKRAY, J.E., et al. **The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage**. ICE Proceedings 64(1), p.37–61, 1978.

TOLEDO, G. L; OVALLE, I. I; Estatística Básica, 2.ed.São Paulo: Atlas, 1985.

TSUTIYA, M. **Abastecimento de água**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.