

REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA (ISSN 2526-4141), vol. 2, nº 1, ano 2017

REVISTA CIENTÍFICA



ESFERA ACADÊMICA
TECNOLOGIA

ISSN 2526-4141

REVISTA ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA

Volume 2, número 1

Vitória

2017

EXPEDIENTE

Publicação Semestral

ISSN 2526-4141

Temática: Tecnologia

Revisão Português

Alessandro Pinto Silva

Capa

Marketing Faculdade Brasileira Multivix- Vitória

Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, os pensamentos dos editores.

Correspondências

Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Brasileira Multivix- Vitória

Rua José Alves, 301, Goiabeiras, Vitória/ES | 29075-080

E-mail: pesquisa.vitoria@multivix.edu.br

FACULDADE BRASILEIRA MULTIVIX-VITÓRIA

DIRETOR EXECUTIVO

Tadeu Antônio de Oliveira Penina

DIRETORA ACADÊMICA

Eliene Maria Gava Ferrão Penina

DIRETOR ADMINISTRATIVO E FINANCEIRO

Fernando Bom Costalonga

CONSELHO EDITORIAL

Alexandra Barbosa Oliveira
Caroline de Queiroz Costa Vitorino
Eliene Maria Gava Ferrão Penina

Karine Lourenzone de Araujo Dasilio
Michelle Moreira
Patricia de Oliveira Penina

ASSESSORIA EDITORIAL

Karine Lourenzone de Araujo Dasilio

Leandro Siqueira Lima
Patricia de Oliveira Penina

ASSESSORIA CIENTÍFICA

Andrielly Moutinho Knupp
Poline Fernandes Fialho

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: BICICLETÁRIO SUSTENTÁVEL NA FACULDADE BRASILEIRA – MULTIVIX VITÓRIA..... | 6 |
| Débora da Silva Dias; Fernanda Cezini Araújo; Gelson Saleze dos Santos; Nayara Lorena de Freitas | |
| PURIFICAÇÃO DE ÁGUA ATRAVES DA DESTILAÇÃO SOLAR UTILIZANDO ÁGUA SALGADA..... | 12 |
| Aline Alves Carvalho; Amanda Martinelli das Neves; Daniely Bravin Machado; Elisangela Candido da Silva; Erick Rios Pereira; Gabrielli das Neves Dardengo; Igor Nascimento Costa; Isabela Spinassé Graziotti; Jessyca Luiz da Fonseca; LahisEngelhardt dos Santos; Lara Maria Viola Silva; Leticia Valério da Silva; Mariana Soares Paiva; Thaís Liuly Leal Ferreira; Thayane Cantão Roque Silva; Vitor Tamotsu Tavares Akamin; Helber Barcellos da Costa | |
| SISTEMAS DE TELEFONIA: ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE UM CALL CENTER UTILIZANDO A TEORIA DAS FILAS..... | 18 |
| Valter Rodrigues Vasconcelos Junior, Fernando Luiz Trazzi Junior | |
| SISTEMA PNEUMÁTICO SUBTERRÂNEO DE COLETA DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UM BAIRRO DE VITÓRIA – ES..... | 33 |
| Luciana Franco da Costa; Raphael Fracalossi | |
| SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO: UM ESTUDO DE CASO..... | 50 |
| Ana Lúcia Nogueira de Oliveira; Arthur Quintaes Silva Alves; Fernanda Carvalho Tavares; Neliomar José Pezzin Junior; Vinícius Carvalho Morais Perdigão | |

APRESENTAÇÃO

Vivemos um momento histórico onde a informação e o conhecimento são elementos vitais na configuração dos novos formatos das relações sociais. Nesse mundo onde as tecnologias e as redes sociais transformam a realidade a cada instante, recai sobre os sujeitos sociais a exigência contínua de uma formação profissional que os torne aptos a atenderem as demandas de um mercado cada vez mais exigente e competitivo.

Nesse “admirável mundo novo”, a informação como ferramenta de criação do conhecimento torna-se um elemento decisivo na produção de bens materiais que, por consequência, resultarão na melhoria da qualidade de vida das populações.

Ciente de seu papel social e dos desafios impostos pela contemporaneidade, a Faculdade Brasileira/Multivix- Vitória insere-se no contexto de transformações das profissões e da sociedade com muita responsabilidade através do registro dos avanços das pesquisas nas diversas áreas.

É com grande satisfação que estamos lançando o primeiro exemplar da Revista Científica ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA aportando contribuições da tecnologia.

Nosso agradecimento à toda equipe que auxiliou na sua produção fortalecendo cada vez mais nossos vínculos institucionais.

Conselho Editorial

Revista Científica ESFERA ACADÊMICA TECNOLOGIA

MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL: BICICLETÁRIO SUSTENTÁVEL NA FACULDADE BRASILEIRA – MULTIVIX VITÓRIA

Débora da Silva Dias¹; Fernanda Cezini Araújo¹; Gelson Saleze dos Santos¹; Nayara Lorena de Freitas¹

1. Acadêmicos de Engenharia de Produção na Faculdade – Multivix- Vitória.

RESUMO

Num cenário de desenvolvimento social e econômico em que o país se encontra, a mobilidade urbana surge como um desafio novo para às políticas ambientais e urbanas, onde a falta de investimento nas políticas públicas de transporte coletivo e o aumento da população urbana tem implicado num aumento significativo de automóveis e motocicletas nos centros urbanos. Dessa forma, a utilização da bicicleta tornou-se uma alternativa saudável, viável e necessária para uma cidade sustentável. Este artigo teve como finalidade propor melhorias no bicicletário da Faculdade Multivix de forma sustentável, e conseqüentemente, incentivar os alunos a utilizarem a bicicleta como meio de transporte até a faculdade.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Bicicletário, Sustentabilidade, Qualidade de Vida.

INTRODUÇÃO

Alguns fatores relacionados ao trânsito, transporte, infra-estrutura e gestão da mobilidade urbana tem direcionado as cidades brasileiras à degradação dos sistemas de circulação e à desumanização dos espaços urbanos (SILVEIRA, 2010).

Segundo Silveira (2010), a cultura de circulação do Brasil tem incentivado ao uso intenso do automóvel não só por uma questão de circulação, mas também de segurança. Como conseqüência, vê-se um cenário de congestionamento, concentração da mobilidade urbana, privatização do espaço público e de impactos ambientais.

Diante desse cenário, o estímulo à mobilidade por bicicleta pode trazer inúmeros benefícios tanto para o usuário como para o meio ambiente urbano. O Ministério das Cidades (2007b) aponta que para se promover uma mudança tem que haver vontade política, planejamento, educação no trânsito e uma distribuição equitativa dos espaços de circulação.

Alguns fatores das cidades constituem pontos de permanente conflito para que possibilite a livre circulação das bicicletas. Na verdade, constituem desafios a serem contornados ou removidos, permitindo assim a formação de uma mobilidade urbana que insere em larga escala os ciclistas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007b).

O movimento de estimulação ao uso de bicicletas como meio de transporte iniciou-se na Europa, na década de 70, muito em função da crise do petróleo ocorrido anos antes. No

Brasil, somente na segunda metade dos anos 70 o Governo, devido à crescente estimulação pelo uso deste veículo na Europa, passou a esboçar algum movimento neste sentido (Soares et al, 2015).

Apesar deste início de estímulo ao uso de bicicletas no Brasil, Soares et al (2015) ainda destaca que até 1997 o até então vigente CTB (Código de Trânsito Brasileiro) não as reconheciam como veículo com características próprias e as associava a motocicletas e veículos de tração animal. O marco ocorreu em 1997, quando o novo CTB modificou esta visão, reconhecendo a bicicleta como veículo e incorporou as prioridades de locomoção no trânsito tendo-se como referência sua força no trânsito.

Assim, procura-se aqui propor um novo modelo de bicicletário para a Faculdade Brasileira em Vitória-ES, com o objetivo de incentivar os alunos a usarem bicicleta como meio de transporte sustentável, reduzindo os efeitos negativos do trânsito urbano, bem como diminuindo a emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa) na atmosfera. Para isso adotou-se a revisão literária dos conceitos básicos de mobilidade urbana e sustentabilidade, bem como a pesquisa conduzida por outro grupo de estudantes da mesma instituição realizado em 2016 que mapeou as intenções de uso do modal por bicicletas

MOBILIDADE URBANA E SUSTENTABILIDADE

A mobilidade urbana resulta da interação do deslocamento de pessoas e bens nos centros urbanos. Esse conceito de mobilidade urbana não se limita do deslocamento de veículos ou do conjunto de serviços inseridos para esses deslocamentos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

Em geral as cidades crescem desordenadamente, de modo não planejado. Diante disso passam a conviver com inúmeros problemas, como a falta de infra-estrutura urbana, principalmente para a população de baixa renda. A maneira como se ocupa o solo urbano, aliado a políticas setoriais pouco integradas, acarretam por influenciar de forma negativa o sistema de mobilidade das cidades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

Segundo Silveira (2010), para a mobilidade urbana, a sustentabilidade, é a “capacidade de se fazer as viagens necessárias para realização dos direitos dos cidadãos com o menor gasto de energia possível e menor impacto ao meio ambiente”. O objetivo principal da mobilidade urbana sustentável é a redução dos impactos ambientais e sociais já existentes na mobilidade motorizada (SILVEIRA, 2010).

Neste sentido, é impossível dissociar a redução do uso de veículos motorizados para se ter uma mobilidade urbana sustentável. Nos deslocamentos que tenham um percurso curto, o automóvel pode ser substituído por bicicletas (SILVEIRA, 2010).

METODOLOGIA

Este trabalho é baseado em pesquisa de campo, conforme conceitua Gil (2002), haja vista que se procurou fundamentar o trabalho nas questões propostas a partir de observações diretas das condições do bicicletário da instituição, o que originou a proposição mudanças que incentivem o uso de bicicletas como modal de transporte para os alunos. O trabalho foi complementado com revisão bibliográfica relacionada ao tema.

Trata-se também de pesquisa quantitativa na medida em que se buscou subsidiar a proposta de melhoria do bicicletário, adotando-se os resultados de uma pesquisa conduzida por um grupo de alunos do 9º período de Engenharia de Produção da faculdade junto às turmas de ensino da mesma. Os dados foram disponibilizados pelo próprio grupo, apoiando as propostas constantes neste trabalho.

ANÁLISE DOS DADOS

Após a análise *in loco*, constatou-se que o bicicletário possui 170 suportes para bicicletas. A média de utilização, por dia gira em torno de 155 bicicletas durante o turno da manhã e 125 bicicletas durante o turno da noite. Foi possível perceber que, devido às condições locais, a circulação das bicicletas não é favorecida no espaço. Desta forma, 48 suportes localizados no fundo do bicicletário não são bem aproveitados (Figura 1). Outro ponto é que nem todas as bicicletas ficam nos suportes e são presas às grades, árvores ou apoiadas nas paredes próximo à entrada da faculdade e até em espaços destinados à circulação (Figura 2).

Outros fatores que inibem os alunos é o problema com suor decorrente do clima tropical predominante na região, a sujeira que a bicicleta joga na roupa, a falta de praticidade pela necessidade de tomar banho e trocar de roupa ao chegar à faculdade, o que justificaria a construção de um vestiário que, atualmente, não existe, bem como bebedouros e uma iluminação apropriada, diminuindo assim o interesse dos alunos em utilizar a bicicleta como um meio de se locomover até a faculdade.

Ainda, com base no trabalho conduzido por um grupo de estudantes da Faculdade Multivix do curso de Engenharia de Produção que desenvolveu um questionário, em que se pretendia investigar a atitude dos estudantes da faculdade para a inclusão da bicicleta como meio de transporte até a faculdade. Dos 8000 estudantes matriculados na instituição de ensino, 586 responderam ao questionário, representando uma amostra de 7,3% do total de alunos. Destes, 48% se propuseram a mudar de modal, caso exista estrutura adequada para acomodação das bicicletas e infra-estrutura adequada para higienizarem-se após o

deslocamento e 52% alegam que a melhoria não influenciaria no modal atual, logo, não adotariam a bicicleta como meio de transporte.

O referido projeto propõe como melhoria o aumento na quantidade de suporte de bicicletas e a implementação de vestiários e bebedouros, visando um espaço que possibilite uma circulação mais agradável dos alunos em um ambiente mais sustentável.

A proposta para o vestiário (Figura 3) é adotar medidas sustentáveis como o investimento em produtos que não prejudiquem o meio ambiente. Diante disto, é imprescindível que se invista em materiais de construção mais sustentáveis, que diminuam a quantidade de resíduos e os gastos com água. As janelas devem estar estrategicamente posicionadas para aproveitar ao máximo a iluminação natural e, quando não for possível, usar iluminação LED, possibilitando a economia de energia. Para as torneiras o ideal é instalar arejadores ou torneiras temporizadas, já que o mesmo diminui o consumo de água.

Os vestiários devem ser munidos de chuveiros e armários com chave, facilitando a troca de roupa dos alunos e armazenamento de equipamentos e vestimentas quando necessário.

Outra proposta apresentada foi a utilização de tambores de óleo usados como suporte de bicicletas. Propõe-se a instalação de 75 tambores de um metro de comprimento, sendo que cada um comporta quatro bicicletas, totalizando uma quantidade de 300 bicicletas.

O espaço contaria também com uma área de vivência com ambiente bem iluminado, acolhedor e aconchegante, proporcionando bem-estar aos alunos, além de possibilitar uma melhor socialização dos mesmos e melhoria do paisagismo local.

Figura 1



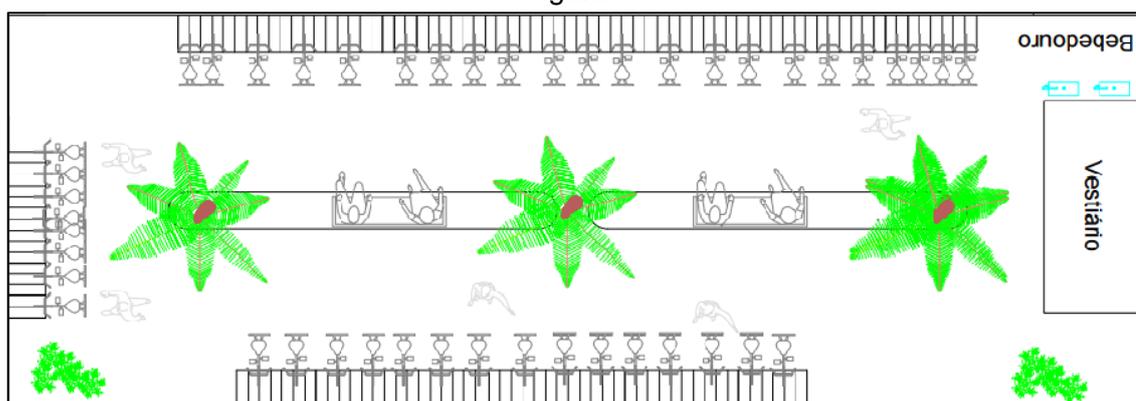
Mal aproveitamento do espaço físico do bicicletário.

Figura 2



Acomodação indevida de bicicletas.

Figura 3



Proposta para o novo biciclet\u00e1rio

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de mobilidade tem sido um fator determinante para o decl\u00ednio da qualidade de vida das cidades brasileiras. Devido aos \u00f4nibus lotados, ruas e avenidas congestionadas e muitas pessoas utilizando carros e motos, h\u00e1 uma demanda para a mobilidade por bicicletas. Para isto, basta que haja condi\u00e7\u00f5es para que essa seja uma alternativa atrativa e vi\u00e1vel.

O presente trabalho buscou contribuir com uma proposta de reestrutura\u00e7\u00e3o do espa\u00e7o destinado a bicicletas no dom\u00ednio da Faculdade Multivix- Vit\u00f3ria, passando a favorecer a mobilidade sustent\u00e1vel no local e regi\u00f5es adjacentes.

REFER\u00caNCIAS

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **A mobilidade urbana no planejamento da cidade**, Cartilha, Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2005.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades, Coleção Bicicleta Brasil**, caderno 1, Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Brasília, 2007b.

SILVEIRA, Mariana O. **Mobilidade Sustentável: A bicicleta como um meio de transporte integrado**. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Dissertação de mestrado.

SOARES, André Geraldo. **A bicicleta no Brasil 2015**. São Paulo: D. Guth, 2015. Disponível em < <https://goo.gl/YrrqLa> >. Acesso em 10 abr. 2016.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

PURIFICAÇÃO DE ÁGUA ATRAVES DA DESTILAÇÃO SOLAR UTILIZANDO ÁGUA SALGADA

Aline Alves Carvalho¹; Amanda Martinelli das Neves¹; Daniely Bravin Machado¹; Elisangela Candido da Silva¹; Erick Rios Pereira¹; Gabrielli das Neves Dardengo¹; Igor Nascimento Costa¹; Isabela Spinassé Graziotti¹; Jessyca Luiz da Fonseca¹; LahisEngelhardt dos Santos¹; Lara Maria Viola Silva¹; Leticia Valério da Silva¹; Mariana Soares Paiva¹; Thaís Liuly Leal Ferreira¹; Thayane Cantão Roque Silva¹; Vitor Tamotsu Tavares Akamin¹; Helber Barcellos da Costa²

¹ Graduandos em Engenharia Ambiental na Faculdade Brasileira Multivix– Vitória

² Doutor em Biotecnologia – Professor Orientador na Faculdade Brasileira Multivix- Vitória

RESUMO

Com o objetivo de obter de forma pratica água potável estudou-se a viabilidade técnica de um destilador solar, constituído de um coletor solar para aquecimento de água salina, no processo de dessalinização de água para consumo humano. Este equipamento pode ter aplicação em residências rurais ou domesticas, produzindo água, através de uma tecnologia simples, de baixo custo e de fácil operação, capaz de tratar água para famílias carentes que dispõe de água que não seja considerada potável. O equipamento de destilação solar possui as faces de vidro para permitir a entrada dos raios solares durante incidência solar, independentemente da posição do sol e do próprio equipamento, tornando o interior do protótipo uma estufa. O tema é de suma importância devido a carência de água que o país se encontra e pode ser considerada como uma fonte de reuso, promovendo a melhoria do meio ambiente e ajuda no âmbito social, e com isso agregando a sustentabilidade.

Palavras-chave: Destilação solar, água, sustentabilidade, dessalinização de água.

ABSTRACT

In purpose to obtain potable water in a practical way, we studied the technical feasibility of a solar distiller, composed by solar collector for heating salt water, in water desalination process for human consumption. This equipment can be applied in rural or domestic residences, producing water through a simple technology of low cost and easy operation, able to treat non-potable water for poor family. The solar distillation equipment has a glass surface to allow entry of the solar rays during sunlight, independently of the position of the sun and of the device itself, making the inside of the prototype a greenhouse. The topic is of paramount importance due to lack of water that the country is and it can be considered as a source reuse, improving the environment and help in the social sphere, and thus adding sustainability.

Keywords: Solar distillation, water, sustainability, water desalination.

INTRODUÇÃO

A água é o recurso mais abundante da terra constituindo cerca de 70%, podendo ser encontrada em fontes superficiais ou subterrâneas. Entretanto, menos de 3% do total é composto por água doce, ou seja, que contém um volume reduzido de sais e apropriada

para o abastecimento público. A água doce, normalmente utilizada para abastecimento, passa por um tratamento principalmente para a remoção de microrganismos e impurezas que possam afetar a saúde. Sendo assim, o abastecimento de água potável para as necessidades humanas é um dos problemas mais acentuados de muitos países. Com isso, uma das alternativas para essas regiões que possuem falta de água doce é a utilização de uma água com alta concentração de sais, como a água salobra, encontrada nos aquíferos subterrâneos e também a água do mar.

Assim, as águas salgadas encontradas na natureza têm inúmeros sais nela dissolvidos. As águas doces, potáveis, apresentam pequena quantidade de sal dissolvido, o que possibilita o consumo. A água do mar não é a única muito mineralizada que pode ser utilizada como fonte de água doce. Existem também as águas salobras, onde o teor de sal é inferior ao da água do mar, de origem superficial ou subterrânea, mas acima do limite de uso doméstico e potável. É a famosa água de poço, que não faz espuma quando se lava alguma coisa com ela. A dessalinização é usada para designar qualquer processo empregado na desmineralização parcial ou completa de águas muito salinas, como a água do mar (35000 ppm de sais dissolvidos) ou águas salobras. O objetivo do processo de desmineralização parcial é diminuir o teor de sal a um grau que torne a água conveniente para ser bebida (preferencialmente inferior a 500 ppm de sais) ou para outras finalidades gerais. (SOARES, 2004, p. 24).

Desse modo, dessalinização térmica é um dos processos mais utilizados, pois assemelha-se a circulação natural da água. Um método simples de dessalinização é a "destilação solar", que pode ser utilizada em lugares quentes, com a construção de grandes tanques cobertos com vidro ou outro material transparente, onde a luz solar atravessa o vidro, a água do líquido bruto evapora, os vapores se condensam na parte interna do vidro, transformando-se novamente em água, que escorre para um sistema de recolhimento. Dessa forma, separa-se a água de todos os sais e impurezas. (SOARES, 2004, p. 13)

A dessalinização solar é aplicada em diversos países, com boa aceitação familiar, para produção de água potável. Tendo como estímulo o aumento do custo da energia elétrica e com o componente adicional de ser uma tecnologia limpa. Desta forma a viabilização do uso de águas salobras para consumo humano é de suma importância, pois através de método de destilação solar que haverá a diminuição dos sais e adicionalmente proporcionarão a eliminação de microrganismos patogênicos, que não causem impacto ambiental e sejam economicamente viáveis para pequenos agricultores também. (MARINHO et.al.,2012)

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo desse trabalho foi composto da análise dos resultados obtidos através da construção de um protótipo de destilador solar com a utilização dos seguintes materiais:

- Taboas de Madeira
- Uma folha de vidro de 40x57 cm
- Cola
- Alumínio
- Bandeja
- Pregos
- Lixa
- Metro
-

Este protótipo tem a forma de um prisma de base retangular de 40x40 cm e altura triangular de 38 cm, conforme a Figura 1 abaixo:

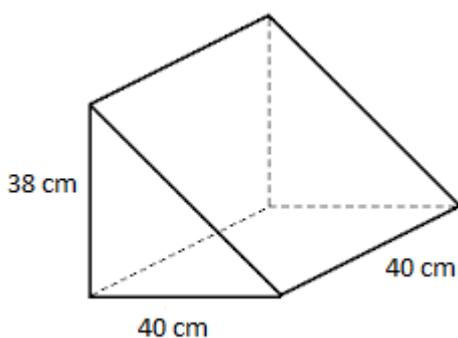


Figura 1: Prisma de base retangular e altura triangular. Fonte: Acervo Próprio.

O ensaio de teste do destilador solar foi realizado da seguinte maneira: uma folha de vidro de 4 mm e de dimensões 40x57 cm, foi apoiada com uma inclinação de 45° em uma base triangular de madeira de modo que ficasse presa na parte de cima e solta na parte de baixo. No interior da base de madeira foi colocado um recipiente com água contaminada e as paredes dessa base foram cobertas com alumínio para auxiliar na evaporação da água. Este protótipo de destilador atuará como uma estufa e a folha de vidro como um filtro que com a presença dos raios solares faz com que a água no interior desta se aqueça e forme gotículas que deslizará na folha de vidro e será transportada para um recipiente através de uma calha como demonstrado do esquema da Figura 2.

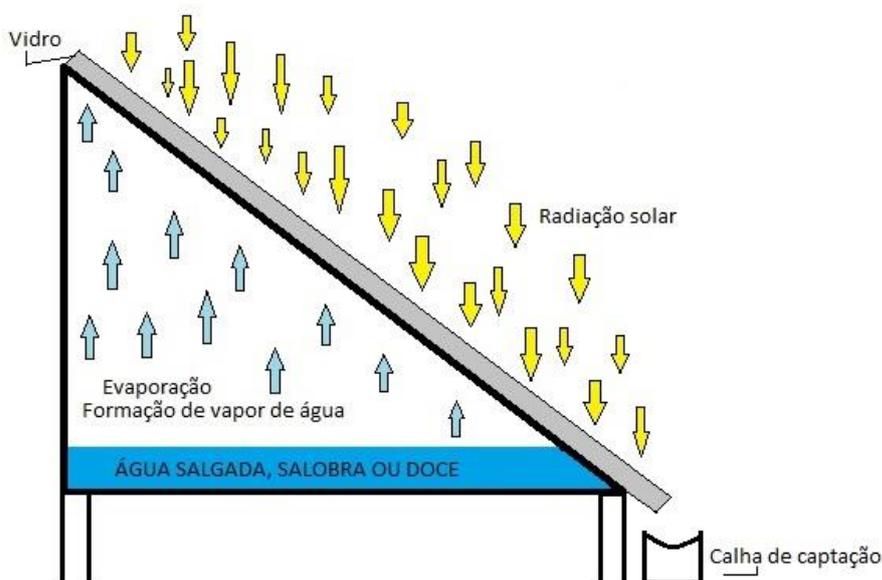


Figura 2: Esquema de funcionamento do destilador solar. Fonte: Acervo Próprio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados 2 testes com o destilador. O primeiro deles com água oriunda de lavadora de roupas e o segundo com água do mar. Como amostra, foi depositado 500ml de cada água coletada onde ambas ficaram expostas por 2 horas no sol. Como podemos observar na figura 3.



Figura 3: Destilador ao sol. Fonte: Acervo Próprio

Ao realizar o ensaio de teste do destilador solar, para a água oriunda da lavadora de roupas, foram obtidos os seguintes resultados: Cerca de 14% foi purificado sob a incidência solar de 33 °C. Essa porcentagem é apenas uma estimativa do volume de gotículas que deslizaram pela folha de vidro, pois no decorrer do procedimento a calha de captação não estava corretamente inclinada, o que fez com que o volume vazasse de ambos os lados e não sendo somente transportado para o recipiente onde a água purificada deveria cair.

No segundo teste, o resultado foi mais expressivo. Em 90min de exposição, as gotículas de água se formaram na folha de vidro e deslizaram para a calha de captação num dia de clima ameno e pouco nublado. O resultado final então foi de 200ml de água purificada, sobrando 200ml no recipiente do destilador e tendo uma perda de 100 ml devido a inclinação da calha ainda não ter sido a ideal, ou seja, teve-se um rendimento de 40%.

A eficiência do equipamento se mostrou expressiva, pois foi possível filtrar diferentes tipos de água através deste método e afirmar que essa água está própria para uso, mas não garantindo sua potabilidade. Cálculo da porcentagem (rendimento):

- Teste 1 (Água oriunda de lavadora de roupas)

500ml -----100%

70ml ----- X

X= 14%

- Teste 2 (Água do mar)

500ml ----- 100%

200ml ----- Y

Y= 40%

CONCLUSÃO

Uma carência que temos vivido nos dias atuais é a falta de água potável enquanto há extensão de água salgada ou salobra, também há excesso de desperdício de água na sua utilização comum. Visando reciclar a água perdida e a água salgada para obtenção de água purificada, foram realizados dois experimento de purificação de água através da destilação solar utilizando água salgada e água de uma lavadora de roupas. Este método propõe a obtenção de água com qualidade para o seu reuso e é de fácil preparo e utilização, sendo possível ser aproveitado para o uso doméstico.

Foi observado no primeiro teste onde foi utilizado a água oriunda de uma lavadora de roupas, um rendimento de 14% em um clima de 33 °C. Já o segundo teste, teve como resultado um rendimento de 40% de água salgada em um clima não muito favorável, pois o tempo estava nublado.

Para obtenção de um resultado mais eficiente, é apropriado a temperatura mais elevada para agilizar a evaporação e assim o resultado esperado. Entretanto, embasado no resultado do segundo teste, é possível observar que o processo da destilação solar também funciona com temperaturas amenas, vale também ressaltar que quanto maior o teor de sal da água, mais rápido ela evapora.

Os resultados não foram mais satisfatórios devido a uma falha observada na inclinação da calha que fez com que parte do rendimento fosse perdido. Sendo assim, os valores apresentados são apenas uma estimativa, mas mesmo com o erro, o método foi útil.

Logo, pode-se concluir que, no processo de destilação solar, há uma eficácia maior no processo de dessalinização, pois mesmo com o tempo desfavorável, este apresentou um melhor rendimento. Isto mostra que é possível obter água purificada através de águas salgadas ou águas desperdiçadas no uso doméstico (mesmo que este tenha pouco rendimento) por meio de métodos simples e caseiros, possibilitando a reciclagem e economia da água para o nosso planeta.

REFERÊNCIAS

MARINHO, F.J.L. et. al. Destilador solar destinado a fornecer água potável para as famílias de agricultores de base familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Porto Alegre. v 7, n. 3, p. 53 -60. Agosto. 2012.

SOARES, C. **Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004. p.110

SISTEMAS DE TELEFONIA: ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE UM CALL CENTER UTILIZANDO A TEORIA DAS FILAS

Valter Rodrigues Vasconcelos Junior¹, Fernando Luiz Trazzi Junior²

¹ Discente do Curso de Engenharia Elétrica na Faculdade Brasileira – MULTIVIX

² Docente do Curso de Engenharia Elétrica na Faculdade Brasileira – MULTIVIX

RESUMO

O Centro Integrado Operacional de Defesa Social (CIODES), foi criado no ano de 2004 para integrar o atendimento a alguns órgãos de Segurança Pública, como Polícia Militar, Bombeiros Militar e Polícia Civil. O presente artigo tem por objetivo verificar se o referido Centro suporta o número de ligações diárias demandadas pelo cidadão que necessita do serviço em solo capixaba, tal como o seu tempo de espera para atendimento, utilizando a Teoria das Filas. A partir deste estudo de caso, poderá se verificar se o CIODES necessita de mais atendentes ou de um novo sistema de atendimento, a fim de prestar um melhor serviço à população abrangida por esse importante serviço.

Palavras-chave: tráfego telefônico; call center; teoria das filas.

ABSTRACT

Operating Integrated Center for Social Defense (CIODES), was created in 2004 to integrate the care of some organs of public security, as Military Police, Fire and Civil Military Police. This article aims to verify whether the center supports the number of daily connections demanded by citizens who need service in capixaba soil, such as your waiting time for service, using the Theory of Queues. From this case study, you can check whether the CIODES needs more attendants or a new system of care in order to provide better service to the population covered by this important service.

Keywords: telephone traffic; call center; queue theory.

INTRODUÇÃO

No mundo empresarial, uma boa interface de comunicação entre empresa e cliente é essencial. A falta ou a precariedade deste meio pode determinar o fracasso ou insucesso do negócio, e da mesma forma, um meio bem estruturado pode levar esta empresa ao sucesso (ZEITHAML et al., 2014).

A comunicação entre empresa e cliente pode se dar de várias maneiras, tais como telefone, e-mail, atendimento pessoal ou correspondência, sendo que a estrutura telefônica demonstra mais abrangência e notoriedade em território nacional.

Zeithaml et al. (2014), diz que, em geral, nas grandes empresas, o atendimento telefônico se dá através de call centers, que contam com uma central telefônica e um número de atendentes que varia com a demanda da empresa.

Ao entrar em contato com um call center, um cliente espera rapidez e objetividade em seu atendimento, além da resolução do problema que o acomete. De forma significativa, a demora no atendimento acarreta no descontentamento daquele que deseja ser atendido, portanto, é de suma importância o correto dimensionamento de um call center, que possibilitará, com maior rapidez, o início do atendimento ao cliente.

De forma similar, os órgãos que compõem o Sistema de Segurança Pública, como a Polícia Militar, devem possuir um call center bem projetado, de forma que a espera do cidadão, que pode ser visto como cliente, seja mínima.

Imagine uma pessoa que presencie um infrator roubando um estabelecimento bancário. Naturalmente, essa pessoa tomará providências para que tal infrator não consiga concretizar o roubo em andamento, e entrará em contato com a Polícia, que poderá impedir o ato injusto ou minimizar as possíveis ações que o cidadão em conflito com a lei poderá vir a praticar. A partir da imaginação de que o cidadão que presenciar o fato tenha que aguardar cerca de 30 minutos na linha para comunicar o fato em questão. Evidentemente as consequências de tal espera poderiam ser desastrosas: por conta da espera para falar com a polícia, o banco foi roubado; o cidadão de bem que queria comunicar o fato desenvolve um sentimento de descrédito para com a Polícia; é gerada uma sensação de insegurança no local e adjacências; haverá uma negatização da imagem institucional na mídia; haverá redução na qualidade do serviço policial como um todo; dentre outras consequências.

Diante do cenário atual, que demonstra crescimento populacional no Estado, e tendo como base que o Centro Operacional de Defesa Social (CIODES) foi criado no ano de 2004, passando por algumas manutenções e atualizações, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: “O Call Center do CIODES consegue atender a demanda de ligações atual sem que o solicitante do serviço espere demasiadamente ou não consiga falar com um atendente?”

Na seara da Segurança Pública, mais especificamente quando se fala de Polícia Militar, o número de ocorrências provenientes de atendimentos telefônicos tem grande expressão, sendo claramente dominante, logo, é relevante o estudo, projeto e implementação de um call center que atenda bem a população.

No Estado do Espírito Santo, o CIODES, é um projeto criado no ano de 2004 pela Secretaria de Segurança Pública do Espírito Santo (SESP-ES), que visa integrar em uma única

estrutura, física e digital, diversos órgãos da Segurança Pública, como Polícia Militar, Polícia Civil e Bombeiros Militar. Desta forma, o atendimento a estes órgãos fica concentrado nesse Centro, através do disque-emergência (190), que recebe milhares de ligações diárias, muitas delas envolvendo fatos emergenciais (ESPIRITO SANTO, 2015).

A partir da criação do CIODES, a Central de Atendimento de Emergências - 190 (CAE), torna-se peça principal para o atendimento ao cidadão (ESPÍRITO SANTO, 2014). Após o recebimento da chamada pelo operador do call center, “um atendimento eficiente à população envolve uma gama de fatores, como profissionalismo e eficiência do atendente, nível de ruídos na ligação, volume da ligação, presteza do atendente, treinamento, uso correto do sistema, dentre outros” (DAVENPORT, 1998, p.15). No entanto, mesmo com esses e outros fatores em conformidade com o esperado, é imprescindível e óbvio que o atendente consiga receber a ligação do solicitante.

Sendo assim, deve-se ter uma central telefônica que comporte a demanda de ligações recebidas, a qualquer dia e a qualquer hora, seja ela qual for. Além de comportar o número de ligações simultâneas, o tempo de espera do solicitante do serviço deverá ser mínima, sendo que este último é um dos fatores que mais influenciam na satisfação do cliente. Com o dimensionamento correto, é possível melhorar o rendimento do sistema, assim como reduzir custos e direcionar melhor os recursos disponíveis.

Este estudo buscou estudar a porta primária para o atendimento telefônico, que é o dimensionamento e projeto corretos da central telefônica. A partir daí é possível se mensurar, com os critérios corretos, os fatores que garantem a qualidade no recebimento das chamadas, como o tempo de espera enfrentado pelo solicitante do serviço. O referido estudo analisou os dados do call center do CIODES no período de abril a setembro de 2015.

Neste trabalho foi verificado se a central telefônica do CIODES está corretamente dimensionada utilizando a Teoria das Filas, noções de probabilidade e estatística, e métodos desenvolvidos por Agner Karup Erlang, como o método intitulado por Erlang C, a fim de proporcionar um atendimento telefônico de qualidade a quem necessitar, seja para acionar a Polícia Militar, o Corpo de Bombeiros Militar, a Polícia Civil, a Guarda Municipal de Vitória, ou as demais instituições que integram o Centro. Além disso, foi verificado também, de forma teórica, a capacidade de atendimentos diários do Centro Integrado Operacional de Defesa Social, estimando um tempo limite de espera. Logo após, foram coletados dados do sistema vigente, confrontando-os com os resultados teóricos obtidos.

O CIODES, local onde este estudo foi realizado, fica localizado no prédio da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social (SESP-ES), situado na Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes, 2355, Bento Ferreira, Vitória-ES.

METODOLOGIA

Inicialmente, a metodologia aplicada a este artigo se deu com base em pesquisa bibliográfica, sendo elaborada a partir de material já publicado por diversos autores da área de Telefonia e Telecomunicações, tendo como suporte livros, artigos, cartilhas e material disponibilizado na internet. Em principal, foi utilizado o estudo da Teoria das Filas.

No segundo momento, foi utilizada a pesquisa qualitativa, uma vez que existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o objeto aqui estudado. Nesta parte da pesquisa, o Centro Integrado Operacional de Defesa Social, situado no prédio da Secretaria de Segurança Pública do Espírito Santo, foi a fonte direta da coleta de dados.

Para se compreender o dimensionamento de um call center, é necessário entender alguns conceitos básicos de Telefonia. De modo simples, um sistema de Telefonia é um processo estocástico, ou seja, um processo de seqüências aleatórias dependentes do tempo. Este e outros conceitos indispensáveis ao entendimento do problema serão abordados nos tópicos seguintes.

NOÇÕES DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Um call center recebe as ligações através de uma ou mais centrais telefônicas. De acordo com Pinheiro (2004), uma central telefônica, que utiliza um sistema de comutação, pode ter N circuitos de entrada, e M circuitos de saída, dependendo de seu projeto.

Para que uma ligação seja atendida, uma entrada é conectada a uma saída, que permanecerão unidos durante o tempo da conexão. Após encerrada a conexão, esta saída poderá atender uma outra entrada qualquer. Se o número M de circuitos de saída for menor que o número N de entrada, ocorrerá, no momento em que o sistema tiver M conexões, o bloqueio da próxima conexão, pois esta não conseguirá seguir no sistema através de um canal de saída de forma imediata (PINHEIRO, 2004, p.109-110).

Em seu estudo, Marins (2011), diz que o bloqueio de uma ligação pode se dar com ou sem espera. Em um sistema sem esperas, o cliente é imediatamente excluído, ao passo de que

em um sistema com esperas, haverá a formação de filas, que serão abordadas neste artigo em momento posterior.

Para o dimensionamento de uma central telefônica, é estimada uma intensidade de tráfego para o sistema, dada em Erlangs, e em seguida são avaliados alguns fatores do sistema, como a probabilidade de bloqueio para diferentes números de canais de atendimento e o tempo de permanência no sistema.

PROCESSOS MARKOVIANOS E NÃO MARKOVIANOS

Segundo Pinheiro (2004), um processo é dito markoviano quando os próximos estados do processo não dependem dos estados anteriores, sendo dependentes apenas do estado atual. Para a análise de um processo markoviano se faz necessário apenas conhecer o seu estado anterior, uma vez que o sistema não possui memória.

Por outro lado, um processo não markoviano são aqueles em que se faz necessário “caracterizar o comportamento futuro do sistema é necessário conhecer o seu estado atual e se ter informações sobre o passado” (MARINS, 2011, p.11).

Os processos aqui estudados são do tipo markovianos, que são aplicados na modelagem dos sistemas de filas.

A TEORIA DAS FILAS

Segundo Tôrres (1966), uma fila, sua forma mais familiar, é gerada quando clientes, chegando a um posto de atendimento, ou servidor, não possam ser atendidas prontamente, tendo, ocasionalmente, que aguardar para tanto, sendo que este grupo de clientes que aguardam é a fila.

Em sua essência, “a Teoria das Filas de espera é um método estatístico que permite estimar as demoras que ocorrem quando um serviço tem de ser proporcionado a clientes cuja chegada se dê ao acaso” (TÔRRES, 1966, p.1), ou seja, é uma ferramenta matemática que trata de eventos aleatórios.

Essa teoria estuda o sistema de filas, proporcionando uma maneira de definir o tal sistema matematicamente. Com a Teoria das Filas é possível prever também o tempo de espera em filas, além de respostas prováveis de um dado sistema. Além disso, é possível mensurar o comportamento de um sistema de filas e seus parâmetros, como tempo de espera médio e a

probabilidade de formação de filas. Há então a “possibilidade de testar possíveis modificações em Sistemas de Filas que contribuam para melhorar seu rendimento, e obter subsídios para escolha da melhor alternativa de ação” (MARINS, 2011, p.3).

CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE FILA

Um sistema de filas possui algumas características básicas, que interagem entre si, como processo de chegada, tempo de atendimento, o número de canais de serviço, o tamanho do sistema de fila, a população de clientes e a disciplina de atendimento.

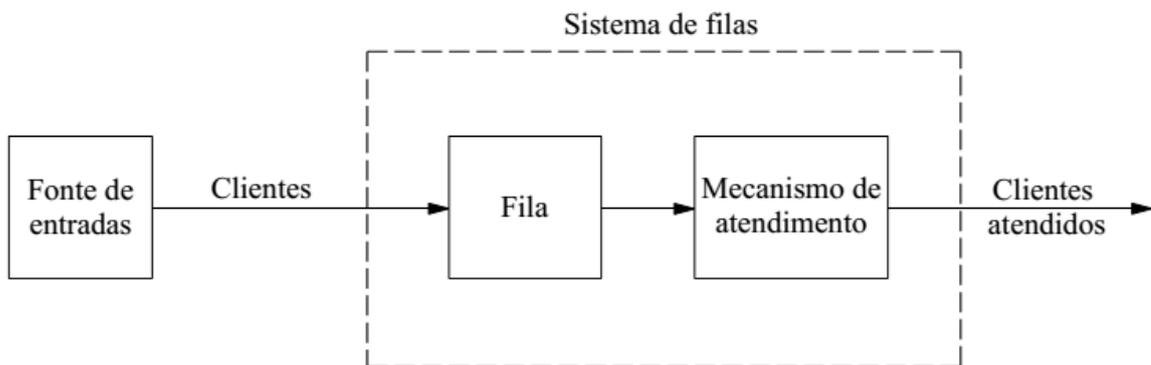


Figura 1 – Estrutura básica de um sistema de fila (MARINS, 2011, p.33)

Como se trata de um processo estocástico, vamos assumir que os clientes do sistema acima estruturado chegam em instantes t_1, t_2, t_3, \dots , onde o tempo de interchegadas, dado por $\tau_j = t_j - t_{j-1}$, é uma variável aleatória.

O tempo de atendimento é o tempo gasto por cada cliente nos canais de serviço, que também é uma variável aleatória.

O número de canais de serviço pode assumir três formas distintas:

- **Servidor único (single server)** – um cliente é atendido por vez;
- **Servidor múltiplo (multi-server)** – existe um número m de servidores que podem atender um número m de clientes ao mesmo tempo;
- **Servidor Infinito (infinitieserver)** – todo cliente que chega é atendido sem espera.

Segundo Tôrres (1966), a capacidade do sistema é medida de acordo com o número total de clientes que ela comporta, estejam eles entrando no sistema, esperando para serem atendidos ou em atendimento. A capacidade pode ser limitada por questões de espaço, custo ou para evitar altos tempos de espera.

A população de clientes é a quantidade de usuários em potencial que podem vir a utilizar o sistema em um determinado momento. A taxa de chegadas dependerá da população de clientes: será constante para população infinita, e variável para uma população finita.

A disciplina de serviço nada mais é que o método de atendimento escolhido, podendo ser ele FCFS (First Come, First Served), FIFO (First In, First Out), LCFS (Last Come, First Served), LIFO (Last In, First Out), SIRO (Service in a Random Order), RR (Round Robin), dentre outras.

Para Arenales et al. (2007), um sistema de filas é classificado por suas características, e para isso, utiliza-se a notação de Kendall-Lee:

A / S / m / B / K / DS

Onde:

A = Distribuição de tempo interchegada

S = Distribuição de probabilidades dos tempos de atendimento

m = Número de canais de serviço simultâneo (servidores)

B = Quantidade de Buffers ou capacidade do sistema

K = Tamanho da população

DS = Disciplina de serviço

É possível ainda classificar as divisões utilizadas para tempo de interchegada e distribuição de tempo de serviço, conforme tabela abaixo:

Tabela 1 – Disciplinas de atendimento

| SÍMBOLO | CLASSIFICAÇÃO |
|----------------------|---------------------------------------|
| M | Exponencial (Memoryless) |
| E_k | Erlang, com parâmetro K |
| H_k | Hiperexponencial, com parâmetro K |
| D | Determinístico |
| G | Distribuição genérica (sem variância) |

Fonte: Os autores

Para se determinar qual o modelo de fila mais adequado para o problema em estudo, foram necessárias a verificação dos seguintes pontos:

- O processo de chegada e de serviço são processos markovianos que não dependem dos estados passados, apenas do estado anterior (o sistema não possui memória);
- O número de servidores é m , constante;
- No caso de formação de uma fila de espera, esta comportará uma quantidade muito grande de clientes, desta forma, a capacidade do sistema pode ser considerada como infinita;
- A população de usuários que podem vir a utilizar o sistema é muito grande, podendo ser considerada como infinita;
- A disciplina de serviço é FCFS, pois o primeiro a chegar ao sistema, será o primeiro a ser atendido.

Logo, neste artigo, foi estudado um sistema $M/M/m/\infty/\infty/FCFS$, que pela notação de Kendall-Lee, pode ser descrito como apenas por $M/M/m$.

O SISTEMA $M/M/m$

Analisando a notação, extrai-se que o sistema possui distribuição de tempo interchegada e distribuição de probabilidades de atendimento de forma exponencial, m servidores iguais de atendimento, um número de capacidade e população infinitos, e a disciplina de atendimento FCFS, ou seja, o primeiro a chegar na fila será o primeiro a ser atendido.

Para o estudo deste sistema é necessário saber a taxa de chegadas do sistema, a taxa de serviço do sistema e o número de servidores. Com isso, é possível determinar as probabilidades em estudo no presente artigo, como o tempo em que um cliente aguarda na fila antes de ser atendido.

Para um sistema do tipo $M/M/m$, considera-se que a taxa de chegadas do sistema é constante:

$$\lambda_n = \lambda \text{ para } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

A taxa média de atendimentos do sistema é dada pelo produto do número de clientes pela taxa média de atendimentos dos servidores, se o número de clientes for menor que o número de servidores, ou pelo produto do número de servidores pela taxa de atendimentos médios dos servidores, no caso contrário:

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & \text{se } 0 \leq n \leq m \\ m\mu & \text{se } n \geq m \end{cases}$$

De acordo com Pinheiro (2004), a taxa de serviço, ou a utilização média do servidor, é igual a taxa de chegadas total dividido pelo total da média de atendimento por servidor, e para que o sistema de filas seja estável, deve ser menor que 1:

$$\rho = \frac{\lambda}{m\mu} < 1$$

A quantidade média de clientes no sistema depende da taxa de serviço, do número de servidores e da probabilidade de bloqueio do sistema:

$$n = m \cdot \rho + \frac{\rho \cdot P_q}{(1 - \rho)}$$

A probabilidade de todos os servidores estarem ociosos é dada por:

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{m-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^m}{m!} \frac{1}{1 - \lambda/(m\mu)} \right)^{-1}$$

A probabilidade de todos os servidores estarem ocupados depende da taxa de serviço, da probabilidade de ociosidade do sistema e do número de servidores (equação de Erlang-C):

$$P_q = \left(\frac{P_0 (\rho \cdot m)^m}{m! (1 - \rho)} \right)$$

Além disso, o comprimento esperado da fila, dado por L_q é:

$$L_q = \frac{P_0 \cdot (\lambda/\mu)^m \cdot \rho}{m! (1 - \rho)^2}$$

O tempo de espera médio do sistema é dado por:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

De modo similar, o tempo de permanência médio no sistema é dado por:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

Com o referencial teórico supracitado, é possível realizar o estudo da CAE do CIODES, tal como estimar possíveis alterações no sistema e suas consequências.

RESULTADOS

O CAE funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana, contando com 120 operadores distribuídos em 4 turnos de 6 horas cada, conforme tabela abaixo:

Tabela 2: Número de atendentes por turno

| Horário | Postos |
|----------------|---------------|
| 05-11h | 18 |
| 11-17h | 24 |
| 17-23h | 28 |
| 23-05h | 18 |

Fonte: CIODES

São 18 postos entre 05 e 11h, 24 postos entre 11 e 17h, 28 postos entre 13 e 23h e 18 postos entre 23 e 05h.

A partir desses dados, obtemos um total de 88 operadores por dia, e efetuando média simples, 22 operadores por turno.

Para o estudo em questão, foram coletados dados referentes a quantidade de ligações recebidas pelo call center do CIODES no período compreendido entre 01 de abril de 2015 à 30 de setembro de 2015, tal como o tempo médio de espera de cada solicitante em um servidor e a duração média das ligações recebidas.

No período supramencionado de seis meses, foram atendidos pelo CAE o total de 2.431.154 chamados. Por questões de acessibilidade da informação, não foi possível coletar a quantidade de chamadas de hora em hora, mas apenas a quantidade de ligações totais no semestre, portanto, a quantidade de ligações por mês, dia e hora médias foram aferidas por cálculo partindo do valor total no semestre, e os demais valores em decorrência deste.

Tabela 3: Média de ligações atendidas de abril à setembro de 2015:

| Mês | Ligações recebidas |
|----------------------|---------------------------|
| Abril/2015 | 405.192 |
| Mai/2015 | 405.192 |
| Junho/2015 | 405.192 |
| Julho/2015 | 405.192 |
| Agosto/2015 | 405.192 |
| Setembro/2015 | 405.192 |
| Média Mensal | 405.192 |

Fonte: CIODES

Tabela 4: Tempo médio de espera médio (W_q) e permanência (W) em um servidor:

| Variável | Tempo em segundos |
|-------------------------------|-------------------|
| Tempo de espera médio na fila | 7 |
| Duração Média das ligações | 43 |

Fonte: CIODES

Utilizando os dados coletados, obtemos os seguintes parâmetros:

$$\lambda = \frac{405.192}{30} = 13.506,40 \text{ chamadas/dia} = \frac{13.506,40}{24} = 562,77 \text{ chamadas/hora, o que equivale a}$$

$$\lambda = \mathbf{0,16 \text{ chamadas/segundo.}}$$

Para se chegar a taxa de atendimentos médio, temos:

$$\mu = \frac{1}{W - W_q} = \frac{1}{43 - 7}, \text{ portanto } \mu = \mathbf{0,028 \text{ chamadas/segundo}}$$

Com os valores de λ e μ , $\rho = \mathbf{0,26}$.

Diante disso, a probabilidade de encontrar todos os servidores ociosos é:

$$P_0 = \mathbf{0,0033 \approx 0\%}$$

O tempo de espera médio na fila é:

$$W_q \approx \mathbf{0 \text{ s}}$$

Logo, o tempo médio de permanência no sistema é:

$$W = \mathbf{35,71 \text{ s}}$$

No entanto, para resultados mais eficazes, devemos tomar por base o Horário de Maior Movimento para calcular os parâmetros do sistema. Para Lima (2011, p.2):

O planejamento e dimensionamento dos sistemas telefônicos são realizados para que o escoamento do tráfego se realize sem dificuldades, ou seja, que as chamadas solicitadas pelos assinantes tenham alta probabilidade de sucesso inclusive nas horas de maior movimento (HMM). A quantidade de troncos e equipamentos de comutação, necessários para o fluxo do tráfego telefônico são dimensionados em função das estatísticas da hora de maior movimento de um dia, semana, mês ou ano, da temporada de maior tráfego.

Logo, deverão ser utilizados os dados no período de tempo em que mais se concentram as chamadas recebidas (HMM) pelo CAE do CIODES. Conforme explicitado acima, não foi possível coletar os dados da HMM na prática. Logo, será estimado aqui um valor que se aproxime da realidade. Será tomado aqui um fator de utilização ρ de valor mais próximo de 1, devido à grande demanda de serviços em tal horário. Para fins teóricos, utilizaremos $\rho = 0,90$; $\lambda = 0,50$; com 28 operadores no call center (tabela 2).

Com esse valor de ρ e m , temos $\mu = \frac{\lambda}{m \cdot \rho} = 0,0198$.

Sendo assim, a probabilidade de encontrar todos os servidores ociosos é:

$$\mathbf{P_0 = 6,0842 \times 10^{-13} \approx 0\%}$$

Já o número médio de clientes na fila é dado por:

$$\mathbf{L_q \approx 2}$$

O tempo de espera médio na fila é:

$$\mathbf{W_q = 4,5s}$$

Logo, o tempo médio de permanência no sistema é:

$$\mathbf{W = 54 s}$$

CONCLUSÃO

Observa-se então que os números obtidos teoricamente aproximam-se muito da realidade, e que na HMM o tempo de espera teórico W_q de um cliente na fila é de aproximadamente 4,5 segundos, resultado este que difere dos dados coletados na prática.

A divergência desses resultados pode ser atribuída a falta dos dados precisos da HMM do sistema, que são indispensáveis para tal cálculo. No entanto, foi possível observar a formação de fila e o tempo de permanência no sistema, que são relativamente próximos do esperado.

Em outras palavras, o Call Center consegue atender a demanda de ligações atual sem que o solicitante do serviço espere demasiadamente, proporcionando a rápida comunicação entre cliente e atendente.

No mesmo sentido, é observado que a probabilidade de um servidor estar ocioso é praticamente nula tanto na HMM quanto fora desta. Dado o exposto, é altamente recomendável que em um futuro próximo se aumente a quantidade de operadores, com o

intuito de não se elevar o tempo de espera, já que a demanda do centro se mostra crescente, acompanhando o crescimento populacional.

Desta feita, fica claro que o modelo M/M/m é adequado ao CIODES, que, analisando o sistema como um todo, e não somente em sua HMM, encontra-se com o correto dimensionamento da CAE, ou seja, o número de operadores do sistema foi definido de forma correta, o que garante um bom rendimento do sistema e evita possíveis desperdícios ou demoras no atendimento.

Além disso, uma estimativa no acréscimo de ligações recebidas traz à tona um estudo que possibilita a inclusão de novas regiões de atendimento ao CIODES, o que traz benefícios, como economia no processo e outras vantagens. De modo análogo, o presente estudo pode ser verificado por diferentes ângulos de visão, como:

- Nova capacidade do sistema de acordo com o acréscimo ou decréscimo de servidores;
- Quantidade de servidores necessários para redução no tempo de atendimento, ou para um tempo máximo de atendimento;
- Possibilidade de aplicação de outras disciplinas de serviço no sistema (FIFO, SIRO,...);

Tendo em vista os aspectos observados, é possível afirmar que estudo em questão deve ser feito de forma contínua, como por exemplo, a cada 5 anos, de forma a garantir que o sistema atenda de forma satisfatória o cidadão que se encontra em solo capixaba.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico:** elaboração de trabalhos na graduação. – 7ª ed., 2ª reimp. – São Paulo: Atlas, 2006.

ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinicius; MORABITO, Reinaldo. **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia.** 2007.

DA CONCEIÇÃO, Katiani; LOUREIRO, Fernando Martineli; GONÇALVES, Mirian Buss. Análise da capacidade de atendimento através de uma aproximação exponencial de uma central telefônica operando com agentes com múltiplas habilidades. **XLI SBPO**, 2009.

DAVENPORT, Thomas H. et al. **Conhecimento empresarial.** Elsevier Brasil, 1998.

ESPÍRITO SANTO. Centro Integrado Operacional De Defesa Social. **Metodologia Padronizada de Socorro e Atendimento Emergencial**. Vitória. 2014.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social. Centro Integrado Operacional de Defesa Social. **CIODES: CIODES**. Disponível em: < http://www.sesp.es.gov.br/sitesesp/index.jsp#ciodes_principal.jsp > . Acesso em 27 de setembro de 2015.

FIGUEIREDO, Danielle Durski; ROCHA, Silvana Heidemann. Aplicação da teoria das filas na otimização do número de caixas: um estudo de caso. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 12, n. 2, 2010.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. McGraw Hill, 2010.

LIMA, Cleber et al. Dimensionamento básico de centrais via simulação de tráfego telefônico. **Communication Technology**, 2011.

MARINS, Fernando Augusto Silva. Introdução à Pesquisa Operacional. **São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista**, 2011.

PINHEIRO, Gil. Teoria de Filas e Sistemas de Comunicação. **Apostila de Aula. Departamento de Engenharia Eletrônica e Telecomunicações, Universidade Estadual do Rio de Janeiro–UERJ**, 2004.

SICA, Paola d'Azevedo. **Análise da capacidade de uma central de atendimento de um centro de serviços compartilhados (CSC)**. 2010.

SILVA, VaninaMacowskiDurski et al. Teoria das Filas aplicada ao caso: Porto de Itajaí-SC. **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNESP**, v. 8, p. 1-9, 2006.

TÔRRES, Oswaldo Fadigas. Elementos da teoria das filas. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 6, n. 20, p. 111-127, 1966.

UPE, Francisco José Costa Araújo. **Distribuição da demanda telefônica de um call center através da criação e priorização de filas inteligentes**. 2010.

UPE, Francisco José Costa Araújo. **Modelo para segmentação da demanda de um Call Center em múltiplas prioridades**: Estudo da implantação em um Call Center de Telecomunicações. 2004.

ZEITHAML, Valarie A.; BITNER, Mary Jo; GREMLER, Dwayne D. **Marketing de Serviços:- A Empresa com Foco no Cliente**. McGraw Hill Brasil, 2014.

SISTEMA PNEUMÁTICO SUBTERRÂNEO DE COLETA DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UM BAIRRO DE VITÓRIA – ES

Luciana Franco da Costa¹ ; Raphael Fracalossi²

¹ Acadêmica de Engenharia Civil na Faculdade Brasileira – Multivix– Vitória

² Mestre em Física Teórica

RESUMO

O sistema de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos por meio de dutos subterrâneos não é uma novidade. Implantado primeiramente em Estocolmo, em 1961, o sistema atualmente atende várias cidades na Europa, Ásia e América do Norte.

Foram necessários mais de cinquenta anos para a solução subterrânea chegar ao Brasil, ainda que de forma pontual. Com foco na sustentabilidade, o condomínio multiuso composto por shopping center, prédios comerciais, residenciais e hoteleiro, chamado Parque da Cidade, em São Paulo, terá o primeiro sistema de coleta a vácuo subterrâneo de resíduos sólidos desse porte no Brasil. A chegada da solução ao país representa o início de um longo processo de mudança na mentalidade brasileira no tratamento dos seus resíduos.

O principal objetivo deste artigo é apresentar o sistema brasileiro em sua configuração atual, a infraestrutura necessária para a operação e possíveis pontos falhos. De forma comparativa, apresentar a estrutura necessária, o esquema de funcionamento e custo do sistema subterrâneo.

Com base nas informações disponíveis, executa-se um estudo preliminar de implantação do sistema subterrâneo em um bairro da cidade de Vitória, área esta escolhida de acordo com os requisitos do sistema demonstrando a viabilidade econômica e técnica da solução em cidades brasileiras.

Palavras-chaves: resíduos sólidos, transporte dutoviário, sustentabilidade, lixo, coleta de resíduos, tratamento.

INTRODUÇÃO

As metrópoles são o grande desafio estratégico do planeta neste momento. Se elas adoecem, o planeta torna-se insustentável. No entanto, a experiência internacional – de Barcelona a Vancouver, de Nova York a Bogotá, para citar algumas das cidades mais verdes – mostra que as metrópoles se reinventam. Se refazem (LEITE, 2012, p. 8).

A busca por melhores alternativas de gestão dos resíduos sólidos não é uma preocupação exclusiva da nossa geração. Desde a antiguidade o acúmulo de resíduos nas cidades acarreta problemas para quem a habita.

Quando os homens ainda eram nômades, e mudavam com frequência de localização em busca de alimentos, os resíduos gerados eram decompostos naturalmente com a ação do tempo. Assim que começaram a fixar moradia, criando grupos de ocupação, o acúmulo de resíduos passou a ser um problema.

Na idade média, os resíduos eram principalmente fezes, urina e cadáveres em decomposição. Restos de alimentos também eram despejados nas ruas. Com o acúmulo de

sujeira, que atrai ratos e outros animais transmissores de doenças, ocorreram as primeiras epidemias. A peste bubônica, também conhecida como peste negra, transmitida pela pulga do rato, foi uma epidemia altamente mortífera na Europa, China e Ásia em diferentes épocas da história.

Segundo Peter Burke (2001), por volta de 1500 “atirava-se um tal volume de lixo nas ruas das cidades antigas que seu nível se elevou gradativamente”. Em muitas cidades europeias “os moradores tinham permissão para esvaziar baldes de água suja na rua, desde que antes gritassem pela janela para dar aos passantes uma oportunidade de se abrigar”.

Ainda segundo Burke (2001), com o passar do tempo, e conseqüente aumento do volume de lixo, as políticas de controle do despejo de resíduos começaram a ficar mais rigorosas. Algumas cidades colocaram porcos nas ruas para tentar diminuir a quantidade de resíduos, outras, relocaram profissões como açougueiros e peixeiros para a periferia das cidades.

Com o passar dos anos e desenvolvimento das nações, as características dos resíduos também mudaram, além do acréscimo na quantidade gerada. Antes o que era predominantemente composto por matérias orgânicas passou a ter cada vez mais materiais como plásticos, vidros, baterias, componentes eletrônicos e outros elementos altamente poluentes e não biodegradáveis. O lixo passou a ser visto como um indicador do desenvolvimento de uma nação, já que é um sinal de que as pessoas estão consumindo e o país produzindo e crescendo. Ainda há um agravante: os produtos ficam obsoletos cada vez mais rápido, aumentando a procura por substitutos mais atualizados, acarretando grandes volumes de descartes.

A conscientização sobre a importância da gestão eficiente de resíduos sólidos, principalmente nos grandes centros urbanos, grandes poluidores, vem aumentando. Muitas cidades, principalmente em países desenvolvidos, já aplicam a tecnologia e soluções de engenharia em estudos nesse campo.

O sistema brasileiro de coleta e tratamento de resíduos urbanos ainda apresenta muitas deficiências. A ineficiência do sistema de coleta culmina no descarte em locais inadequados e conseqüente ausência de tratamento dos resíduos.

No Brasil, 68,5% dos resíduos gerados em municípios com até 20 mil habitantes são depositados em locais inadequados. Esta situação torna-se relevante pois esta parcela de municípios corresponde a 73% da população brasileira total (IBGE, 2002; JUCA, 2003).

SISTEMA BRASILEIRO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Coletar o lixo significa recolher o lixo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final. Pode-se então conceituar como coleta domiciliar comum ou ordinária o recolhimento dos resíduos produzidos nas edificações residenciais, públicas e comerciais, desde que não sejam, estas últimas, grandes geradoras (IBAM, 2001).

A primeira etapa da cadeia de tratamento dos resíduos é a coleta dos mesmos diretamente com quem os produziu. Segundo o IBAM (2001), a qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos depende da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta, responsabilidade esta delegada a população. Esta conduta evita acidentes e proliferação de vetores, além de facilitar o ato da coleta.

O acondicionamento dos resíduos acontece em vasilhames ou containers plásticos ou metálicos, caixas de madeira ou papelão, ou outros recipientes, em sacos plásticos ou não. A utilização de sacos de lixo ou de supermercado é o predominante.

O IBAM (2001) define uma série de padrões nos quais os recipientes devem se enquadrar. Para a coleta manual o peso máximo do recipiente incluindo a carga é de 30 kg. Recipientes que permitem maior carga devem ser padronizados para que possam ser manuseados por dispositivos mecânicos disponíveis nos próprios veículos coletores, reduzindo assim o esforço humano. Devem possuir dispositivos que facilitem seu deslocamento no imóvel até o local de coleta. Serem herméticos, para evitar derramamento ou exposição dos resíduos. As embalagens flexíveis (sacos plásticos) devem permitir fechamento adequado das "bocas". As rígidas e semirrígidas (vasilhames, latões, contêineres) devem possuir tampas e estabilidade para não tombar com facilidade. Serem seguros, para evitar que resíduos cortantes ou perfurantes possam acidentiar os usuários ou os trabalhadores da coleta. Serem econômicos, de maneira que possam ser adquiridos pela população. Não produzir ruídos excessivos ao serem manejados. Possam ser esvaziados facilmente sem deixar resíduos no fundo.

O transporte dos resíduos recolhidos ocorre predominantemente pelo modal rodoviário. Os veículos mais utilizados no Brasil para coleta domiciliar são os caminhões com compactador (Figura 1) e sem compactador, também conhecido como baú (Figura 2). Em locais de difícil

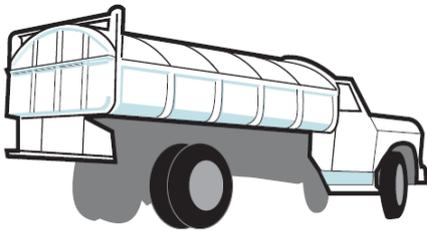


Figura 2 Caminhão baú



Figura 1 – Caminhão com compactador



Figura 3 - Microtrator

acesso de caminhões, como favelas, a coleta pode ser efetuada por micro tratores (Figura 3).

A coleta dos resíduos pode ser tradicional ou seletiva. Na coleta seletiva há a segregação dos resíduos de acordo com sua composição, normalmente separados em recicláveis e não recicláveis pela própria população, para que cada um possa ter a destinação específica. Na coleta tradicional não há separação entre tipos de resíduos.

Após a etapa de coleta, os resíduos são descarregados em estações de transferência de onde serão transportados para os aterros sanitários ou usinas de tratamento em veículos cuja capacidade de carga é, pelo menos, três vezes maior que a capacidade dos caminhões de coleta, reduzindo assim o custo unitário do transporte. A escassez de terrenos disponíveis próximo as cidades, associada a resistência dos moradores a implantação das estações de transferência próximo a suas residências acaba aumentando a distância de percurso dos caminhões de coleta, aumentando o custo de transporte no trecho coleta-transferência.

A próxima etapa é o tratamento dos resíduos com o objetivo de reduzir seu caráter poluidor. Os mais comuns no Brasil são: a reciclagem, incineração, compostagem ou destinação a aterros sanitários. A destinação a lixões, depósitos de lixo a céu aberto, não é uma solução desejável e já existem leis para desativá-los em todos os municípios brasileiros.

A reciclagem busca reaproveitar materiais como plásticos, alumínio, papelão que foram descartados. Porém, para que o sistema funcione de forma eficiente exige a conscientização da população quanto a necessidade de separação dos resíduos e disponibilização de coleta seletiva pelos municípios.

Segundo o IBAM (2001) define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos.

A incineração é um processo que consiste na combustão controlada dos resíduos em temperaturas entre 800 e 1000 ° C. A incineração reduz a massa de resíduo em até 70% e o volume em até 90%.

Os aterros sanitários consistem em grandes valas protegidas por mantas impermeáveis, para que não haja contaminação do solo, onde os resíduos são despejados. Ao final de cada jornada de trabalho e assim que a capacidade do aterro for atingida, as valas devem ser cobertas para evitar mau cheiro e proliferação de vetores.

SISTEMA SUBTERRÂNEO DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS URBANOS

Enquanto a maior parte dos serviços de infraestrutura urbana, como, abastecimento de água, gás, energia elétrica e coleta de esgoto, são projetados para operar de forma subterrânea, em muitas cidades, como é o caso do Brasil, a coleta de resíduos sólidos urbanos ainda ocorre porta a porta.

A Envac, empresa líder mundial em sistemas de coleta pneumática de resíduos, desenvolveu um sistema de transporte de resíduos por sucção através de uma rede de tubos subterrâneos utilizando apenas ar e energia elétrica, alternativa mais econômica e menos poluente ao antigo sistema de coleta feita por veículos motorizados.

Segundo a Envac (2012a, 2012b), o funcionamento do sistema é bem simples. Os resíduos, em sacolas, são depositados em coletores localizados nas edificações ou em pontos estratégicos da cidade. Os resíduos ficam temporariamente armazenados na porção subterrânea dos coletores. Assim que os coletores estiverem cheios ou em intervalos predefinidos de tempo o sistema aciona a sucção a vácuo e estes sacos percorrem uma tubulação que os leva até a central de armazenamento. As frações distintas de resíduos, de acordo com sua natureza, trafegam separadamente pelos dutos e são armazenados de forma segregada nas centrais em contêineres estanques. Todo o processo descrito está ilustrado na figura 4.



Figura 4 - Coletores e estrutura subterrânea.



Figura 5 - Ponto de coleta com quatro frações.

Fonte – <<http://www.envacgroup.com>>. Acesso



Figura 6 - Construção de tubulações subterrâneas .

Fonte – <<http://www.envacgroup.com>>. Acesso em: 13

Os coletores (Figura 5) podem ter de duas a quatro frações distintas, podendo apenas segregar os resíduos em recicláveis ou não, ou de acordo com sua composição, como: metais, papéis, orgânicos ou outros. Tecnicamente não há limites para a quantidade de frações, porém, economicamente para operação do sistema limita-se a quatro. Os pontos de coleta instalados nas ruas costumam atender de 40 a 80 famílias, porém esse valor pode variar em caso de volume de resíduos além da média e a distância entre ponto de coleta e residências.

Praticamente todos os tipos de resíduos podem ser depositados no sistema. Apenas

resíduos volumosos, móveis, combustíveis, grandes quantidades de vidro, produtos químicos perigosos, devem ser coletados de forma separada (ENVAC, 2012a).

Para evitar acidentes com crianças em áreas residenciais, a abertura dos coletores fica a 1,1 metros do chão e em aberturas maiores que 30 cm deve haver controle de acesso por meio de cadeados ou cartões. Estabelecimentos comerciais considerados grandes geradores possuem um coletor individual os demais utilizam coletores compartilhados (ENVAC, 2012a).

As tubulações retas são confeccionadas em aço carbono com espessura variável de acordo com o volume de resíduos que tráfegará e sua abrasividade. O comprimento de cada peça pode ser de 6 ou 12 metros. A vida útil dos tubos gira em torno de 30 anos quando atendidas as condições projetadas. As curvas são pontos sensíveis e são confeccionadas com uma liga de aço e boro. Os tubos são revestidos externamente por três camadas de polietileno o que permite que sejam instalados diretamente sob o solo ou água. A profundidade em que são instalados varia de 1 a 1,5 metros abaixo do nível da rua, 1,5 a 2,5 metros caso existam válvulas (Figura 6). Além de enterradas, as tubulações também podem ser instaladas suspensas, principalmente em estacionamentos. Os resíduos tráfegam a uma velocidade em torno de 70 km/h de acordo com o densidade dos mesmos e distância de transporte (ENVAC, 2012a, 2012b).

Cerca de 90% dos bloqueios nas tubulações podem ser resolvidos aumentando a pressão de ar nas mesmas, portanto, isso não representa um grande problema para o funcionamento do sistema já que pode ser resolvido em torno de 15 minutos. Em alguns casos o desbloqueio deve ser feito de forma manual e pode levar de uma a duas horas dependendo do caso (ENVAC, 2012a).

A área da central de armazenamento é diretamente proporcional ao volume de resíduos coletados. Os containers podem ter 5 a 30 m³ de acordo com a necessidade. Os tamanhos padrões são: 20, 25 ou 30 m³, com densidade de resíduos em média 350 a 500 kg/m³. Ao chegar as centrais os sacos contendo resíduos passam por um ciclone onde será separado o ar. Este ar, que não é poluído, passa por um tratamento antes de ser devolvido a atmosfera para remover maus odores e partículas de poeira (ENVAC, 2012a, 2012b).

O sistema consome energia elétrica, apenas na central, mas é vantajoso se comparado ao gasto energético dos veículos de coleta tradicionais, e seu caráter poluente. Também é possível alimentar o sistema com energia solar. O sistema é operado automaticamente a maior parte do tempo (ENVAC, 2012a, 2012b).

Os níveis de ruído durante o funcionamento do sistema são baixos. As válvulas podem apresentar um pouco mais de ruído, mas podem ser instalados silenciadores caso seja

necessário controles mais rígidos. Algumas soluções alternativas são adicionadas ao sistema em regiões suscetíveis a terremotos, gelo, ou outras características especiais. O sistema é a prova de fogo já que dentro das tubulações não há oxigênio suficiente para iniciar um incêndio. O sistema é projetado para suportar temperaturas locais variando em torno de -30° C a 45° C (ENVAC, 2012a).

O sistema possui alguns requisitos mínimos para instalação para que seja economicamente viável. Para uma primeira instalação em uma cidade, recomenda-se uma área de abrangência com no mínimo 1000 residências ou um volume de resíduos gerados equivalente em caso de comércio. O sistema possui capacidade de crescer em etapas, aumentando sua área de abrangência. O desejável é que a área seja ocupada por habitações de no mínimo três pavimentos (ENVAC, 2012a, 2012b).

Para locais afastados, ou com densidade populacional que inviabilize a implantação de uma central para atendê-los existe a alternativa de coleta por caminhões de alta capacidade (ENVAC, 2012a, 2012b).

O sistema de coletores é idêntico, porém abaixo desses coletores ficam reservatórios que armazenarão os resíduos depositados. Em intervalos de tempo programados um caminhão com grande capacidade realizará a sucção destes resíduos por meio de um tubo e compactado no interior do caminhão, este segue para os locais de tratamento de resíduos. A figura 7 ilustra a alternativa (ENVAC, 2012a, 2012b).

Mesmo operado por caminhões como o sistema tradicional, esta variação do sistema subterrâneo possui vantagens, pois permite que um mesmo caminhão recolha os resíduos de vários pontos otimizando o transporte. Além disso, com os coletores não há acúmulo de lixo nas ruas até o horário de recolhimento.



Figura 7 - Sistema de armazenamento subterrâneo e coleta por caminhões.

PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA SUBTERRÂNEO DE COLETA DE RESÍDUOS

Neste tópico será apresentado um estudo da aplicabilidade da solução subterrânea para uma área escolhida. O foco principal é demonstrar, para uma área real consolidada, a possibilidade de adaptação do sistema subterrâneo com base nas informações fornecidas pelo fabricante, apresentadas em tópico anterior e com base nas informações extraídas de cidades que já possuem o sistema em operação.

ESCOLHA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO E PREMISSAS DE PROJETO

A escolha da área de abrangência da proposta de implantação do sistema subterrâneo deve atender os requisitos mínimos para que o projeto seja economicamente viável tanto na etapa de implantação quanto na operação.

Após análise dos bairros da cidade de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo, o bairro Jardim da Penha foi o selecionado para ser o primeiro a receber o novo sistema. Os fatores decisivos para a escolha do bairro foram: a densidade demográfica compatível com os requisitos do sistema, relevo plano e disponibilidade de grande área centralizada ao bairro para implantação da central de armazenamento mantendo a distância máxima de percurso entre coletores e central de dois quilômetros.

Quando comparado aos demais bairros da capital, Jardim da Penha se destaca por ser um dos bairros com maior número de habitantes e domicílios (IBGE – Censo 2010). Os mapas das figuras 8 e 9 ilustram esses dados, as cores mais escuras representam os maiores

valores. Em destaque o bairro escolhido.

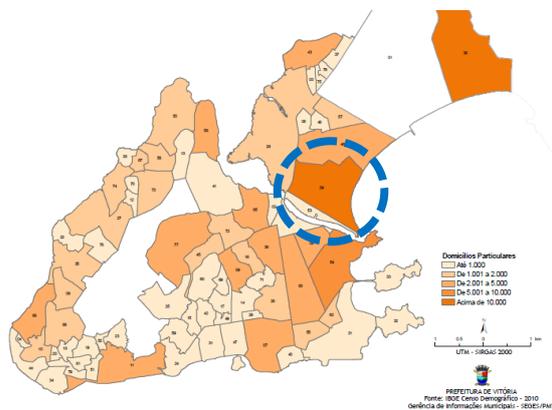


Figura 8 - Total de domicílios particulares por bairro de Vitória – 2010.

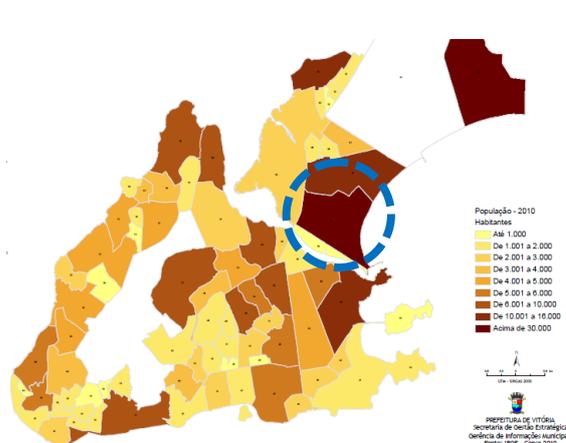


Figura 9 - Distribuição da população de Vitória por bairros - Censo 2010

Fonte – IBGE – Censo demográfico de 2010.

Tecnicamente o sistema subterrâneo possui grande flexibilidade de alternativas, porém, para ser economicamente competitivo com o sistema tradicional são estabelecidas algumas limitações. Para uma primeira instalação na cidade exige-se um mínimo de 1000 residências atendidas. Com um total de 11.445 domicílios, dados do Censo demográfico de 2010 - IBGE, o bairro atende essa exigência.

A distribuição da população e dos domicílios ao longo da área também é outro fator importante. O bairro ocupa uma área total de 1.460.000 m² e possui uma população de 30.571 habitantes (IBGE, 2010). A média de domicílios por hectare gira em torno de 78, atendendo o mínimo exigido de 50. Como o bairro possui um caráter homogêneo de ocupação há pouca distorção nesse valor nos diversos pontos do bairro.

Segundo dados do cadastro do I.P.T.U., imposto predial e territorial urbano, o bairro é ocupado predominantemente por residencias multifamiliares, em sua maioria pequenos prédios de 3 ou 4 andares, comércio e serviços. O mapa apresentado na figura 10 mostra um mapeamento de todo o bairro de acordo com o uso do solo representado por uma legenda de cores distintas, a predominância do uso residencial multifamiliar e comercial é nítida.

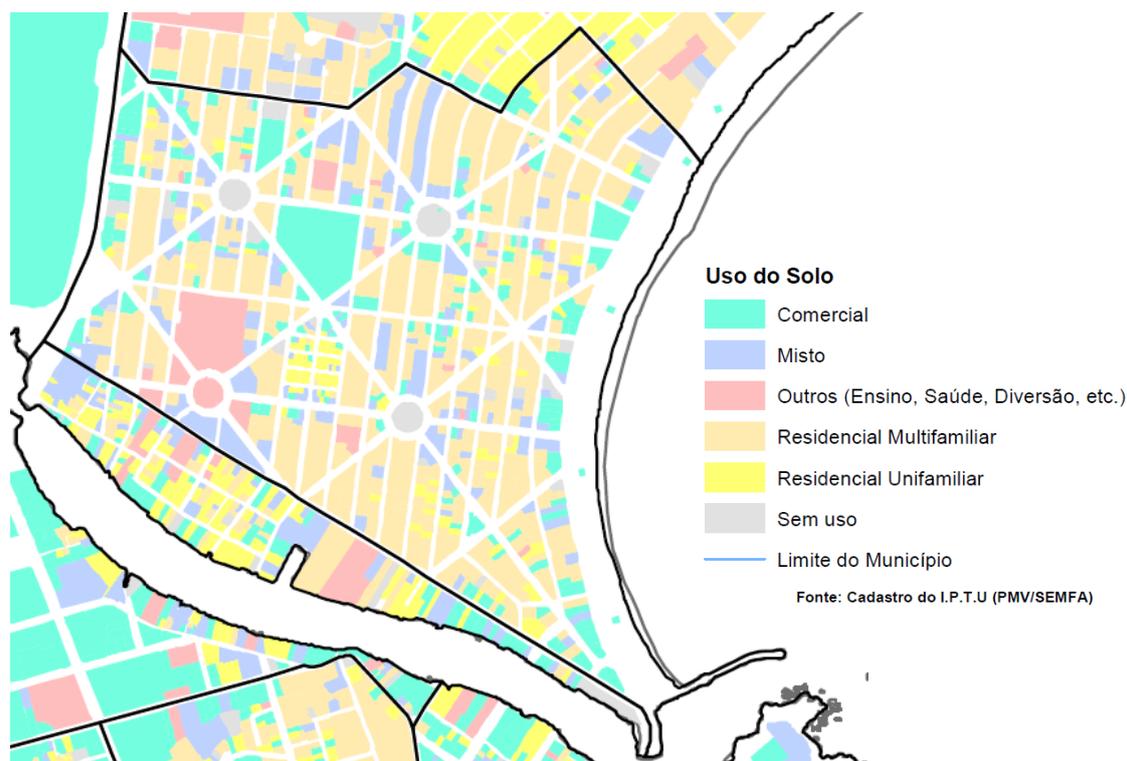


Figura 10 - Mapa de uso do solo de Jardim da Penha, Vitória ES

A existência de um grande terreno localizado quase centralizado ao traçado do bairro foi outro fator essencial para a viabilidade de implantação. Os armazéns do antigo Instituto Brasileiro do Café (IBC), em terreno de cerca de 40 mil metros quadrados, são constante assunto de discussão dos governantes por estarem inutilizados e precisarem de novo uso, e poderiam ser ocupados pela central de armazenamento pela facilidade de acesso e área disponível. Como é de interesse municipal parte do terreno poderia ser cedido para o novo uso.

A central não apresenta inconvenientes como mau cheiro ou proliferação de vetores pois os resíduos são armazenados em contêineres herméticos e há tratamento do ar que percorre as tubulações. O fluxo de caminhões para transporte dos contêineres aumentaria no entorno da região da central, em contrapartida não haveriam mais veículos de coleta circulando pelo bairro, que representam maior número por possuírem menor capacidade.

COLETA ATUAL

A coleta atual do bairro ocorre no modelo tradicional pelo modal rodoviário com caminhões

de coleta conforme caracterizado em tópico anterior. Cada rua do bairro possui horário específico de coleta, disponibilizado no site da Prefeitura de Vitória (PMV, 2015). A coleta do lixo ocorre uma vez por dia de segunda a sábado, e também nos feriados. Os caminhões percorrem o bairro no período noturno, com exceção das avenidas Fernando Ferrari e Saturnino Rangel Mauro onde a coleta ocorre no período da manhã.

A coleta noturna pode ser um incômodo em algumas ruas do bairro já que ocorre após as 22 horas, e o caminhão em operação produz muito ruído. O horário de coleta após o fim do horário comercial também ocasiona outro problema, acúmulo de lixo ou containers nas ruas, já que muitos edifícios possuem funcionários apenas em horário comercial. Porém a coleta durante o dia acarretaria em problemas de trânsito e bloqueio de vias. As figuras 11, 12 e 13 mostram os reflexos do acúmulo de containers e sacos de lixo nas ruas do bairro e obstrução de calçadas.

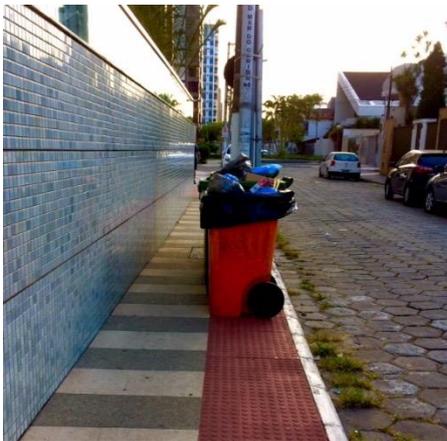


Figura 11 – Containers ocupando as calçadas



Figura 12 - Acúmulo de lixo nas calçadas



Figura 13 – Acúmulo de lixo nas calçadas

Fonte– Arquivo pessoal (Outubro / 2015). Fonte– Arquivo pessoal

PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual representa a consolidação dos dados obtidos do bairro escolhido e dos pré-requisitos do sistema subterrâneo estudados anteriormente, em um desenho esquemático do sistema que servirá de base para etapas seguintes de detalhamento. Esta etapa do projeto busca pré-dimensionar e posicionar os coletores e central de acordo com a demanda do bairro, além de sugerir o traçado da rede de dutos subterrâneos, é a etapa de tomada de decisão. O detalhamento dos elementos do projeto não é objetivo deste trabalho. O estudo elaborado pela Envac para uma área de 938.441m² no centro de Curitiba, com população atendida de 7.684 habitantes, também serviu de referência para elaboração da

proposta (ENVAC,2010).

Foi selecionado como ponto de partida um sistema com duas frações, com separação de resíduos recicláveis e não recicláveis. O bairro já possui coleta seletiva, portanto, é importante que também sejam coletados resíduos recicláveis. Como o bairro já se encontra consolidado serão utilizados modelos de coletores em pontos estratégicos nas ruas, instalados em calçadas ou praças de acordo com a disponibilidade de espaço, e não serão instalados coletores nos prédios existentes, o que demandaria obras de maior complexidade e maiores interferências nas edificações.

O cálculo da demanda de coletores foi feito considerando um valor médio de residências por área. Foi adotado como base de cálculo o valor de 60 residências atendidas por conjunto de dois coletores, o que permite acréscimo de demanda nos coletores caso seja necessário. Como o bairro já se encontra consolidado e ocupado, não foram considerados grandes acréscimos de geração de resíduos ou aumento da população. O bairro deverá ter em torno de 190 conjuntos de coletores no total. A distribuição dos coletores ocorrerá por estimativa, distribuídos em função da distância percorrida, média de gabarito e existência de ocupação comercial.

Alguns estabelecimentos do bairro foram considerados grandes geradores e possuirão coletores exclusivos para atender sua demanda individual. São eles: os supermercados Carone e Epa, o clube dos oficiais, e duas escolas do bairro. O restante do comércio de bairro, por ser de pequeno porte, utilizará os mesmos coletores destinados as residências.

Para pré-dimensionamento da central de armazenamento foi considerado a produção de resíduos anual de 397,94 quilos por habitante, dados da prefeitura de Vitória. Como o sistema opera por dia será considerado um volume total de 33.400 quilos de resíduos por dia para todo o bairro, área esta atendida pela central. Levando em consideração o estudo elaborado para uma área no centro de Curitiba (ENVAC, 2010), para o qual foi calculada uma central de 510 m² para uma geração de resíduos de 8600 kg/dia. Por analogia, considera-se uma central para o bairro de Jardim da Penha da ordem de 2.000 m². Ainda há a possibilidade de dividir a central em dois núcleos distintos, cada um deles atendendo metade do bairro.

Nesta etapa de projeto não foram consideradas possíveis interferências das tubulações com a infraestrutura subterrânea existente, apenas um direcionamento de traçado foi indicado podendo sofrer alterações no decorrer projeto executivo para adequações as redes existentes. A tubulação será enterrada e segue o eixo das vias para facilitar as obras.

O mapa abaixo, figura 14, indica o esquema de implantação do sistema. Estão indicados, conforme legenda, os pontos de coleta, cada um deles com duas frações, o caminho

sugerido as tubulações subterrâneas, seguindo o eixo das vias, e o local destinado a central de armazenamento. Ao todo são 190 pontos de coleta ao longo do bairro e cerca de 18.500 metros de tubulações.

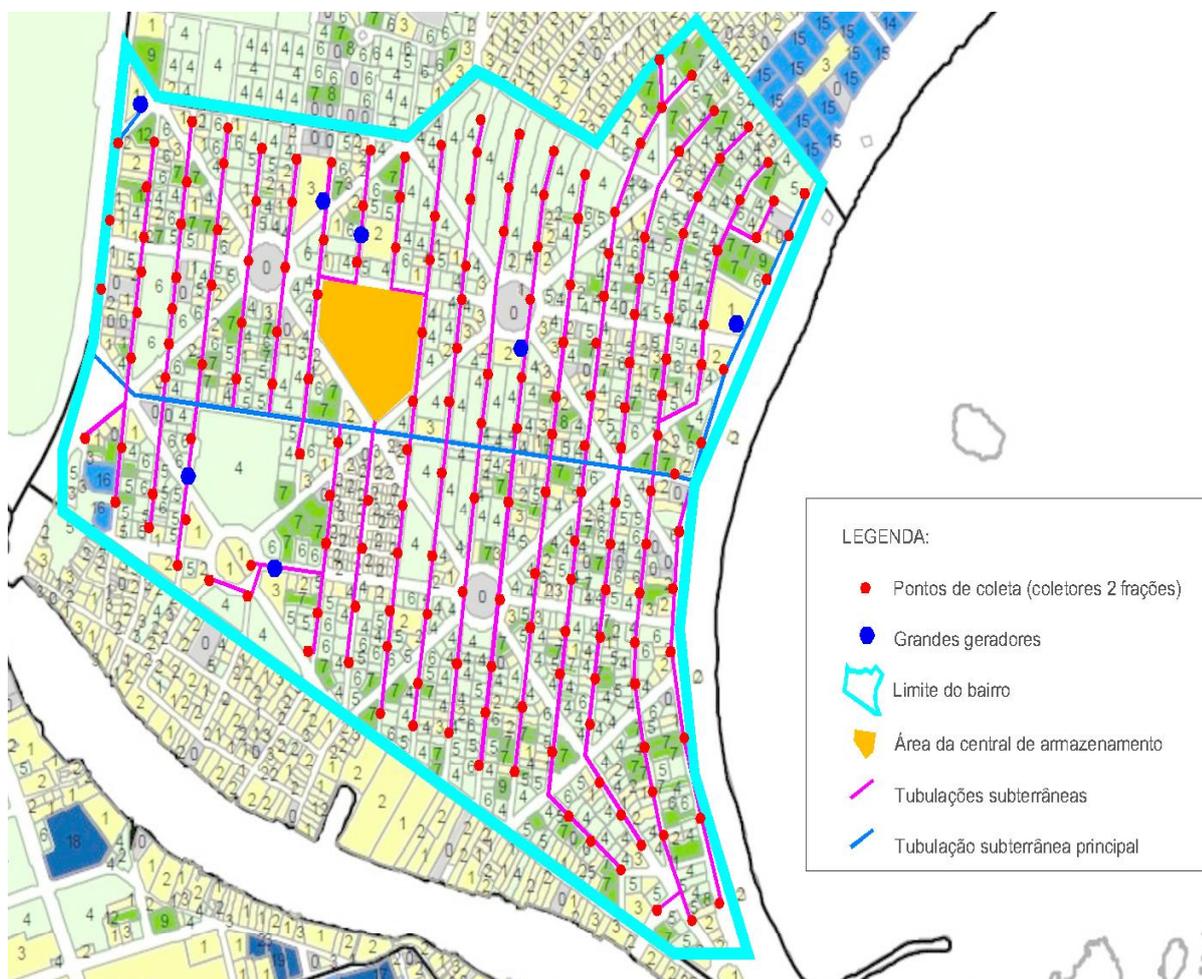


Figura 14 - Mapa de implantação do sistema subterrâneo

Fonte– Elaborada pela autora com base no mapa de número de pavimentos. Prefeitura de Vitória – Secretaria municipal da Fazenda (Junho/2014).

CONCLUSÃO

O sistema de coleta tradicional brasileiro ainda apresenta problemas de abrangência, deixando de atender muitas regiões. Segundo a ABRELPE (2012), das 62.730.096 toneladas de resíduos gerados no ano de 2012, 56.561.856 toneladas foram coletadas, deixando um grande déficit que acaba tendo destinação incorreta. O problema do lixo se agrava nos centros urbanos onde grandes volumes são gerados todos os dias e há pouco espaço para armazenagem até o momento da coleta. O acúmulo de resíduos nas ruas é problema frequente das grandes cidades.

O sistema de coleta subterrâneo, além de estar disponível 100% do tempo evitando acúmulo de resíduos nas ruas, garante uma maior abrangência. Como são instalados pontos de coleta próximo as residências, que podem ser operados em qualquer horário conforme disponibilidade do usuário, eleva os índices de coleta, minimizando despejos inadequados.

Outro ponto a ser considerado é o fluxo de caminhões de coleta e transferência do modelo tradicional. Além de contribuir para a poluição atmosférica, contribuem para os problemas de trânsito já muito frequentes em centros urbanos. Com o sistema subterrâneo há grande redução do trânsito pesado de caminhões, pois todos os resíduos que saem da central de armazenamento já saem compactados e segregados com destino as centrais de tratamento final. Não há mais caminhões circulando com lixo pelas ruas dos bairros.

Enquanto as centrais de transbordo do sistema tradicional são indesejadas nos bairros residenciais e acabam ficando cada vez mais distantes dos pontos de coleta, as centrais de armazenamento do sistema subterrâneo são silenciosas, não liberam odores, são herméticas, com fluxo reduzido de veículos e podem ficar localizadas dentro de bairros residenciais sem maiores problemas.

Além das questões ambientais e urbanas tratadas acima, os dados de custo de operação do sistema subterrâneo indicam sua superioridade também econômica. Segundo dados do sistema nacional de informações sobre saneamento, (SNIS, 2015), a coleta tradicional custa em média na região sudeste cerca de 116,89 reais por habitante por ano. Dados censitários indicam, para a região de Jardim da Penha, 2,7 habitantes por residência, o que resultaria em um custo estimado de 315,52 reais por unidade residencial no sistema de coleta tradicional em um ano.

Um sistema de duas frações, calculado para a área central de Curitiba pela ENVAC (2010), de configurações semelhantes a proposta para o bairro de Jardim da Penha, teve seu custo operacional orçado em 42,36 euros por habitação, considerando a cotação do euro 4,3 reais, o que resultaria em 182,15 reais de custo anual por residência.

Considerando um horizonte de 20 anos de projeto, a economia de recursos financeiros de caráter operacional com o sistema subterrâneo seria da ordem de 30,5 milhões de reais.

O custo de implantação do sistema subterrâneo é elevado, porém a economia de recursos ao longo de sua operação viabiliza e torna a solução uma boa alternativa ao sistema tradicional. A necessidade de um alto investimento inicial que se paga ao longo do tempo pode ser um dos principais entraves da implantação da solução no Brasil, pois exigiria dos governos altos investimentos iniciais e planejamento.

A mudança de sistema de coleta de resíduos é um processo complexo e gradativo. Porém,

é um investimento a se considerar para termos no futuro cidades mais limpas, e um sistema de coleta mais eficiente. O primeiro passo tem que ser dado em busca da inovação.

A limitação de informações abertas sobre o sistema subterrâneo acabou limitando o trabalho a um estudo preliminar da alternativa, porém de muita importância para mostrar a possibilidade de desenvolvimento de uma proposta mais elaborada executável para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2012.

BURKE, Peter. **Uma história social do lixo**. Folha de São Paulo. 2001. Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs0912200109.htm#_ Acesso em: 07 Jun. 2015.

ENVAC. **FAQ The Stationary Vacuum System**. 2012a. Apostila disponibilizada pelo escritório da Envac no Brasil contando sobre o sistema de coleta pneumática.

ENVAC. **Sistemas de coleta pneumática para uma gestão de resíduos sustentável**. 2012b. Apostila disponibilizada pelo escritório da Envac no Brasil contando sobre o sistema de coleta pneumática.

ENVAC. **Sistema de coleta automatizada de resíduos área 1.1.07 – Centro de Curitiba**. 2010. Estudo preliminar disponibilizado pelo escritório da Envac no Brasil.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 200p. 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/> > Acesso em: 05 out. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Disponível em < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm >. Acesso em: 03 jun. 2015.

JUCA, J. F. T. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Anais... In: 5º Congresso Brasileiro de Geotécnica Ambiental. Porto Alegre, RS. 2003.

LEITE, Carlos. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes**. SP: Bookman Cia. Ed. 2012.

PMV, Prefeitura de Vitória. 2015. **Horário da coleta domiciliar por bairro**. Disponível em < http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/coleta_domiciliar Acesso em: 01 Out. 2015.

SNIS, Sistema Nacional de informações sobre saneamento. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013> >. Acesso em: 01 Out. 2015.

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO: UM ESTUDO DE CASO

Ana Lúcia Nogueira de Oliveira¹; Arthur Quintaes Silva Alves¹; Fernanda Carvalho Tavares¹; Neliomar José Pezzin Junior¹; Vinícius Carvalho Moraes Perdigão¹.

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Civil da Faculdade Brasileira – Multivix.

RESUMO

O crescimento da população urbana aliado às novas tecnologias tem aumentado significativamente a demanda por água e energia, tornando-se um assunto de grande importância e preocupação. Devido a este fato, vem sendo realizadas pesquisas com o objetivo de buscar novas alternativas onde o impacto ao meio ambiente seja reduzido ou sanado, ou seja, alternativas sustentáveis. Este projeto visa apresentar um estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico integrado a uma edificação urbana e interligado à rede elétrica pública. O empreendimento em análise é o apartamento 402 do edifício Monte Carlo, localizado no bairro Jardim da Penha, Vitória - ES. O sistema gera energia elétrica para a habitação utilizando energia solar a partir de placas fotovoltaicas e este trabalho objetiva determinar o percentual de redução de consumo de energia elétrica da concessionária e avaliar o retorno de investimento de instalação do sistema.

Palavras chaves: sistema solar fotovoltaico, geração de energia, rede elétrica.

ABSTRACT

The growth of urban population coupled with new technologies has significantly increased the demand for the water and power, becoming a subject of great importance and concern. Due to this fact, research has been carried out in order to seek new alternatives where the environmental impact is reduced or remedied, that is, sustainable alternatives. This project aims at presenting a case study of a solar photovoltaic system integrated into an urban and connected to the public power grid construction. The project in question is the 402 apartment building Monte Carlo, located in the Jardim da Penha neighborhood, Vitória - ES. The system generates electricity for housing using solar energy from photovoltaic panels and this work aims to determine the percentage of electricity consumption reduction of the concessionaire and evaluate the return system installation investment.

Keywords: photovoltaic solar system, energy generation, electric network.

INTRODUÇÃO

O constante crescimento da população tem impactado o meio ambiente por meio da poluição das águas e intensa exploração das reservas esgotáveis de combustíveis fósseis. Brundtland (1987) explica que o desenvolvimento é sustentável quando se atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras, atenderem também às suas necessidades. Segundo dados do Anuário Estatístico de Energia 2013, o consumo final de energia elétrica no Brasil foi de 448,117 GWh em 2012.

As projeções calculadas para consumo de energia elétrica em 2030 são de 859 a 1245 GWh/ano, números que revelam a grande demanda que será necessária de energia (BRASIL, 2007). Com base nesse contexto, torna-se imprescindível a implantação de sistemas de geração de energia renovável e não poluente, como a solar.

A Terra recebe anualmente $1,5 \times 1.018 \text{ kWh/m}^2$ de energia solar, o que corresponde a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia elétrica neste período. Conforme mostrado na Figura 1, o Brasil é particularmente bem adequado para a aplicação do sistema fotovoltaico devido à disponibilidade considerável de recurso solar e ao alto valor que pode ser creditado ao sistema fotovoltaico em áreas comerciais de centro urbanos (RÜTHER, 2004).

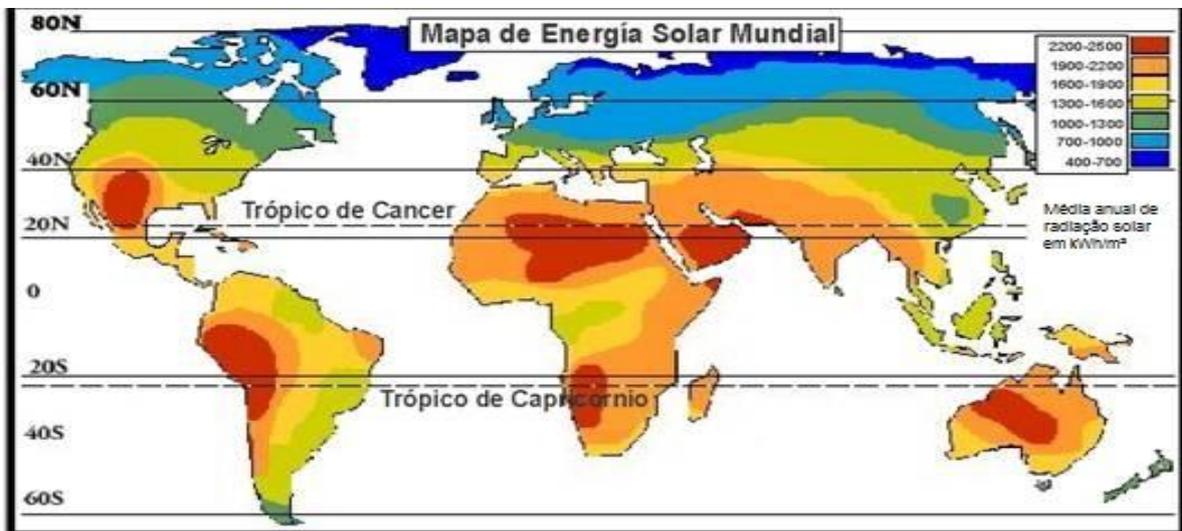


Figura 1: Mapa de radiação solar mundial. Fonte: Adaptado de AYÜN.

Um dos métodos utilizados para geração de energia solar se dá a partir do efeito fotovoltaico. Tal efeito foi relatado pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1939, como sendo o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz, ou seja, no momento da interação da radiação solar com o semicondutor, ocorre a liberação e movimentação de elétrons por esse material, gerando-se assim essa diferença de potencial (CRESESB, 2014).

Um emprego da energia solar para áreas urbanas é o sistema fotovoltaico interligado a rede pública, dispensando o armazenamento local, isentando-se de atender toda a demanda do consumidor. Existindo excesso de produção de energia em relação ao seu consumo, este é repassado à concessionária, gerando crédito para o proprietário (NASCIMENTO, 2004). À noite ou nos períodos de baixa geração, a energia é suprida pela rede elétrica (ZOMER, 2014). Essa opção se tornou possível através da Resolução Normativa nº 482 de 2012, que cria o Sistema de Compensação de Energia, determinado pelo sistema *net metering*.

Um sistema de geração de energia fotovoltaica é composto pelos painéis solares fotovoltaicos, inversores, e medidor bidirecional. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos pelos módulos solares que, por sua vez, são um conjunto de células solares que efetivamente convertem a energia da luz solar em energia elétrica. Uma única célula produz em média 1 a 3 W de potência, e por isso faz-se necessário o agrupamento de células em módulos para atingir maior potência (LEVA et al., 2004).

As placas podem ser fabricadas a partir de vários materiais diferentes, sendo o principal e mais abundante, o silício. O silício cristalino é o semiconductor líder no mercado para este fim, porém ainda possui um custo elevado, pois exige fabricação de lâminas relativamente espessas (BRITO; SILVA, 2006).

O átomo do silício possui 14 prótons e 14 elétrons, sendo que 4 destes elétrons estão na camada de valência (a mais externa) e são responsáveis pelas 4 ligações covalentes com outros 4 átomos vizinhos. Essa conformação do átomo é dita estável e não conduz corrente elétrica. Para que isso aconteça, é necessário que o silício seja dopado, ou seja, que a ele sejam acrescentadas outras substâncias, já que o silício não é um bom condutor elétrico. Essas substâncias criam uma diferença de potencial ao criar duas camadas que contém um excesso de cargas contrárias cada uma. O boro possui 3 elétrons em sua camada de valência e ao formar a ligação covalente com o silício, uma dessas ligações fica com somente um elétron (que se comporta como uma carga positiva) e um vazio onde deveria estar o outro elétron. O boro é responsável pela criação da região p. O fósforo contém 5 elétrons em sua camada de valência, criando um material com elétrons livres, chamada região n (NASCIMENTO, 2004) (CASTRO, 2008).

Ao unir a região p-n, ocorre o deslocamento dos elétrons livres do silício tipo n para o vazio da camada p, formando um campo elétrico. Os fótons da radiação solar acumulam energia suficiente para fazer com que os elétrons se transformem em condutores e um condutor externo é colocado entre as camadas p e n para que haja corrente elétrica (NASCIMENTO, 2004). A Figura 2 ilustra o esquema de uma célula fotovoltaica.

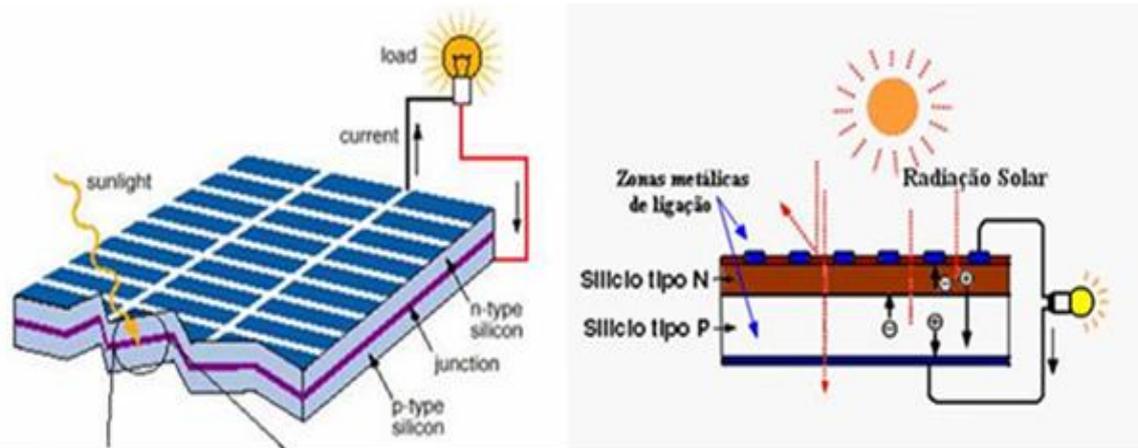


Figura 2: Célula fotovoltaica. Fonte: VIRIDIAN ECOTECNOLOGIA.

A energia oriunda do sistema solar fotovoltaico se caracteriza por ser corrente contínua e operar em uma tensão diferente do padrão. Os inversores são os responsáveis pela conversão dessa energia para o mesmo padrão utilizado pela concessionária, corrente alternada e tensão compatível com a rede (AMAN, 2014). É necessária uma estrutura para montagem das placas e sua fixação, caixa de conexões, cabos elétricos, diodo de desvio (bypass), diodo de bloqueio e outros. O diodo de desvio protege o sistema contra perdas excessivas de energia e reduz o risco de dano irreversível das células (CRESESB, 2014).

As principais vantagens da geração de energia através de painéis fotovoltaicos interligados à rede elétrica são: baixo impacto ambiental; geração de energia limpa; tempo de vida útil do sistema é elevado – 30 anos ou mais, de acordo com Ruther (2004) – e necessita manutenção mínima; como a energia é gerada no mesmo local onde é consumida, ou seja, não exige área física dedicada para o fim, economiza-se com transmissão e distribuição da energia, e diminuem-se as perdas de energia; dispensa o uso de banco de baterias; possibilidade de uso das placas como material de revestimento da construção (fachadas e telhados) e não requer combustível além do sol (MARINI; ROSSI, 2002).

Entre as desvantagens tem-se o elevado custo de aquisição e instalação do sistema, rendimento relativamente baixo (10-15%), e as informações sobre o sistema são pouco difundidas, o que limita o desenvolvimento do mercado.

APRESENTAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

O sistema de microgeração fotovoltaico estudado consiste de um conjunto formado de 2 baterias com 07 painéis fotovoltaicos cada, modelo LY-Ba250, do fabricante LINYANG SOLAR, de 250 Watts por painel, ligados em série e totalizando uma potência nominal total de 3500 Wp. A Fotografia 1 apresenta o módulo fotovoltaico e sua estrutura de sustentação instalados na residência em estudo. São dispostos em laje e acoplados ao inversor da marca FRONIUS, modelo GALVO 3.1-1, mostrado na Fotografia 2.



Fotografia 1: Sistema fotovoltaico da residência em estudo. Fonte: próprios autores.



Fotografia 2: Inversor instalado na residência em estudo. Fonte: próprios autores.

As células são fabricadas em silício policristalino nas dimensões 156 x 156 mm, formando um conjunto de 60 células. As placas possuem vidros frontais temperados de 3,2 mm de espessura e a estrutura que as sustenta é formada de liga de alumínio anódico. A instalação das placas fotovoltaicas deve ser feita com inclinação aproximadamente igual à latitude da região, com sua superfície orientada para o norte geográfico, de modo a obter maior eficiência do sistema (CASTRO, 2012, p. 40). O sistema em estudo foi instalado com inclinação de 24°, diferente da latitude do local, de 20,28°, e foi direcionado para o norte geográfico.

DISCUSSÃO

Visando verificar o percentual de redução de consumo de energia elétrica da concessionária e avaliar o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor deste investimento, foram utilizados o aplicativo do inversor

FRONIUS, que disponibiliza toda a energia gerada pelo sistema mensalmente, e as contas de energia da residência em estudo.

Foi escolhido o método do *payback* simples por conter cálculos de fácil compreensão e se tratar da avaliação de um projeto com vida útil limitada, além do atual cenário de grande instabilidade energética.

A partir das contas de energia foi possível quantificar a energia produzida que foi injetada na rede e a eficiência do sistema, conforme Quadro 1. O consumo real é a soma de toda energia gerada pelo sistema que foi consumida pela residência mais a energia consumida diretamente da rede. Considerou-se eficiência como a quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico em relação à energia consumida total.

O crédito de microgeração corresponde à quantidade de energia gerada pelo sistema fotovoltaico que foi injetada na rede da concessionária convertida em valores monetários, que podem ser visualizados nas contas de energia da residência. A Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 estabelece que a parte da energia gerada por sistema de microgeração que for injetada na rede concessionária local deve ser convertida em crédito de microgeração para o usuário. Esse valor é calculado multiplicando a quantidade de energia gerada em kWh pelo custo da bandeira vigente no mês. Esse crédito é então abatido no valor final da conta de energia elétrica.

Essa Resolução define a microgeração distribuída como sendo uma “central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW” utilizando fontes com base na energia solar, por exemplo, conforme estudo de caso.

O sistema de medição da microgeração distribuída deve ser dotado de relógio bidirecional de energia elétrica. Esse relógio é responsável pela medição do consumo de energia da rede concessionária e medição da energia gerada pelo sistema fotovoltaico que é injetada na rede.

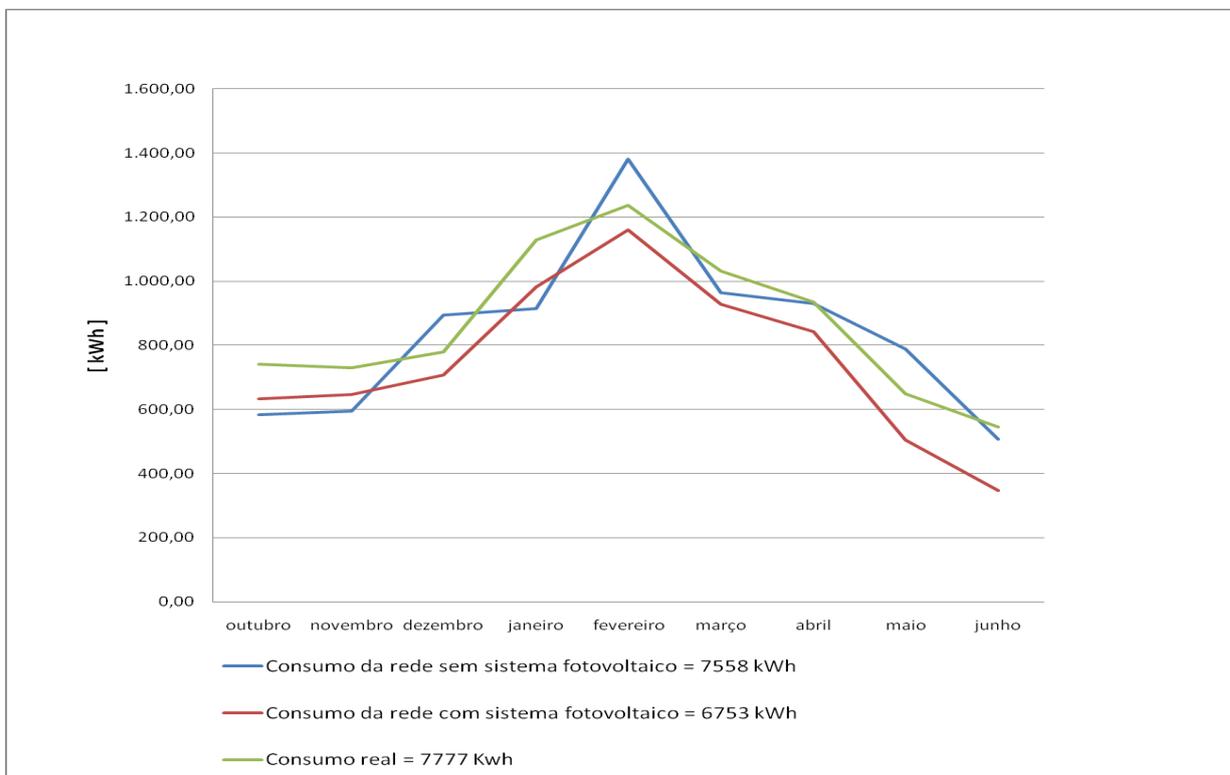
As informações contidas no Quadro 1 fazem referência ao período de julho de 2013 até setembro de 2015. As células em cinza representam o período em que a residência ainda não possuía as placas fotovoltaicas. Elas foram instaladas e entraram em funcionamento no dia 28 de junho de 2014, entretanto, o relógio bidirecional só foi instalado no dia 26 de agosto de 2014. A energia gerada pelas placas no período mencionado não foi contabilizada pelo relógio, pois ele não era bidirecional, fazendo com que o mesmo “andasse para trás”, descontando a produção diretamente do consumo real. No mês de setembro o sistema gerou 92,06% da energia total consumida, ou seja, a maior parte da energia gerada foi consumida e o restante injetado na rede.

Quadro 1 – Consumo mensal da residência e geração de energia pelo sistema fotovoltaico. Fonte: Elaborado pelos autores.

| Período | Período exato das leituras do relógio da EDP | Leitura do inversor (kwh) | Geração injetada na rede da EDP (kWh) | Consumo do sistema (kwh) | Consumo da rede EDP (kWh) | Consumo Real (kwh) | Eficiência EF | Crédito de microgeração (R\$) CC |
|---------|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|
| | | LI | GI | CS | CR | CRE | | |
| jul/13 | 10/06/13 a 10/07/13 | 0 | 0 | 0 | 502 | 502 | | |
| ago/13 | 10/07/13 a 10/08/13 | 0 | 0 | 0 | 586 | 586 | | |
| set/13 | 10/08/13 a 10/09/13 | 0 | 0 | 0 | 508 | 508 | | |
| out/13 | 10/09/13 a 10/10/13 | 0 | 0 | 0 | 583 | 583 | | |
| nov/13 | 10/10/13 a 10/11/13 | 0 | 0 | 0 | 594 | 594 | | |
| dez/13 | 10/11/13 a 10/12/13 | 0 | 0 | 0 | 895 | 895 | | |
| jan/14 | 10/12/13 a 07/01/14 | 0 | 0 | 0 | 914 | 914 | | |
| fev/14 | 07/01/14 a 11/02/14 | 0 | 0 | 0 | 1382 | 1382 | | |
| mar/14 | 11/02/14 a 11/03/14 | 0 | 0 | 0 | 964 | 964 | | |
| abr/14 | 11/03/14 a 07/04/14 | 0 | 0 | 0 | 930 | 930 | | |
| mai/14 | 08/04/14 a 09/05/14 | 0 | 0 | 0 | 789 | 789 | | |
| jun/14 | 09/05/14 a 05/06/14 | 0 | 0 | 0 | 507 | 507 | | |
| jul/14 | 07/06/14 a 07/07/14 | 132,396 | 0 | 132,396 | 454 | 586,396 | 22,58% | |
| ago/14 | 09/07/14 a 07/08/14 | 404,694 | 0 | 404,694 | 118 | 522,694 | 77,42% | |
| set/14 | 11/08/14 a 09/09/14 | 394,199 | 132 | 262,199 | 166 | 428,199 | 92,06% | R\$ 48,39 |
| out/14 | 09/09/14 a 09/10/14 | 464,908 | 357 | 107,908 | 633 | 740,908 | 62,75% | R\$ 130,88 |
| nov/14 | 09/10/14 a 10/11/14 | 437,997 | 356 | 81,997 | 647 | 728,997 | 60,08% | R\$ 130,51 |
| dez/14 | 10/11/14 a 10/12/14 | 386,235 | 314 | 72,235 | 708 | 780,235 | 49,50% | R\$ 115,11 |
| jan/15 | 10/12/14 a 10/01/15 | 427,375 | 282 | 145,375 | 983 | 1128,375 | 37,88% | R\$ 103,38 |
| fev/15 | 10/01/15 a 07/02/15 | 405,938 | 330 | 75,938 | 1161 | 1236,938 | 32,82% | R\$ 130,88 |
| mar/15 | 07/02/15 a 11/03/15 | 477,736 | 373 | 104,736 | 928 | 1032,736 | 46,26% | R\$ 159,92 |
| abr/15 | 11/03/15 a 09/04/15 | 410,397 | 318 | 92,397 | 842 | 934,397 | 43,92% | R\$ 161,58 |
| mai/15 | 09/04/15 a 08/05/15 | 390,606 | 245 | 145,606 | 504 | 649,606 | 60,13% | R\$ 124,49 |
| jun/15 | 08/05/15 a 10/06/15 | 380,657 | 182 | 198,657 | 347 | 545,657 | 69,76% | R\$ 92,48 |
| jul/15 | 10/06/15 a 09/07/15 | 343,647 | 190 | 153,647 | 340 | 493,647 | 69,61% | R\$ 96,54 |
| ago/15 | 09/07/15 a 11/08/15 | 446,827 | 331 | 115,827 | 422 | 537,827 | 83,08% | R\$ 168,76 |
| set/15 | 11/08/15 a 10/09/15 | 375,509 | 320 | 55,509 | 594 | 649,509 | 57,81% | R\$ 108,02 |
| | Total | 5879,121 | 3730 | 2149,121 | 8847 | 10996,12 | 53,47% | |

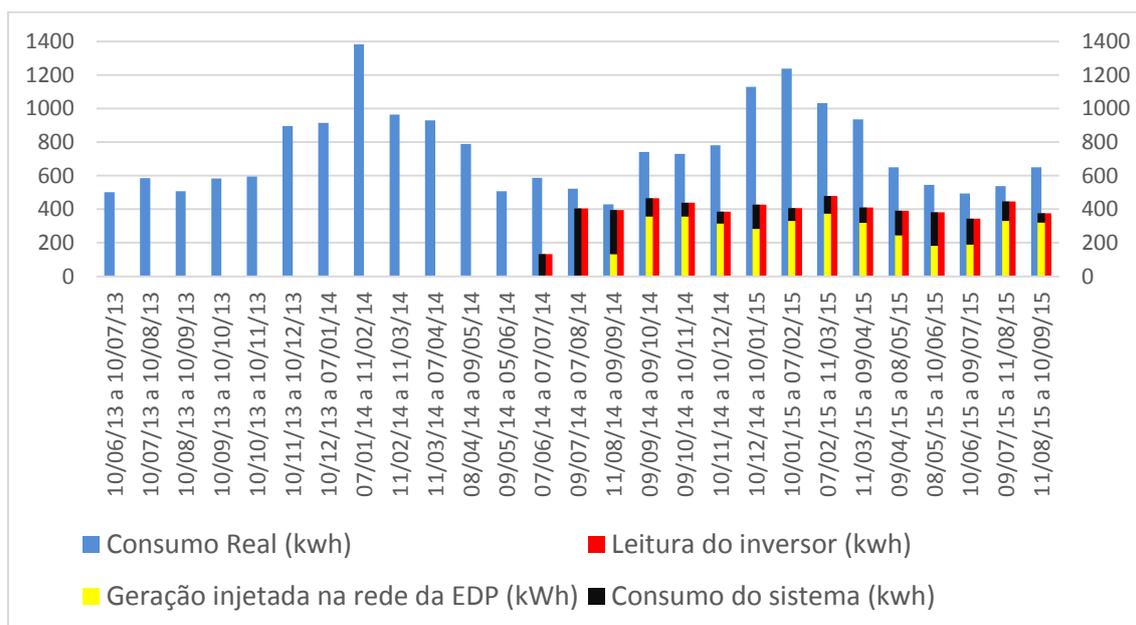
Nos outros meses (outubro de 2014 a setembro de 2015) observou-se que a média da eficiência foi de aproximadamente 52,31 %, pois o relógio bidirecional já havia sido instalado. Sendo assim, o relógio não “andou para trás”, e parte do que foi gerado pelo sistema foi consumido pela habitação. Através do estudo comparativo apresentado no Gráfico 1, no período anterior a instalação do sistema fotovoltaico (outubro de 2013 a junho de 2014), o consumo de energia da rede concessionária foi de 7558 kWh. Já no período pós-instalação (outubro de 2014 a junho de 2015), o consumo foi de 6753 kWh, o que correspondeu a uma redução de aproximadamente 10,65% de consumo da rede concessionária.

Gráfico 1: Comparação do consumo de energia da rede concessionária antes e depois da instalação do sistema fotovoltaico. Fonte: Elaborado pelos autores.



Já no Gráfico 2 foi exposta a energia distribuída na rede durante todo o período analisado (junho de 2013 a setembro de 2015).

Gráfico 2: Energia distribuída: consumo, produção e injeção. Fonte: Elaborado pelos autores.



Para fazer a previsão da energia gerada para os próximos anos, foi feito levantamento de geração e demanda de energia elétrica do período de outubro de 2014 a setembro de 2015. Para o cálculo do crédito de microgeração foram considerados os maiores valores dos encargos e bandeira (pior cenário) e os menores valores dos encargos e bandeira (melhor cenário) cobrados no ano de 2015. O resultado dos cálculos do pior cenário, apresentado no Quadro 2, mostrou uma geração de energia de 4947,83 kWh/ano, que correspondeu a um valor de crédito de microgeração de R\$1857,24.

Quadro 2: Estimativa de microgeração anual de energia elétrica no pior cenário. Fonte: Elaborado pelos autores.

| Período | Leitura do inversor (kWh) | Geração injetada na rede da EDP (kWh) | Consumo do sistema (kWh) | Consumo da rede EDP (kWh) | Consumo Real (kWh) | Eficiência (%) | Crédito de microgeração (R\$) | BANDEIRA (TUSD+TE) (R\$) | ENCARGOS | | | | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | Preço da energia (R\$) |
|---------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|--------|------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | | | | PIS/PASEP | COFINS | ICMS | TOTAL DE ENCARGOS (R\$) | | |
| jan/15 | 427,38 | 282 | 145,375 | 983 | 1128,375 | 37,88 | R\$ 145,56 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 646,18 |
| fev/15 | 405,94 | 330 | 75,938 | 1161 | 1236,938 | 32,82 | R\$ 170,34 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 761,15 |
| mar/15 | 477,74 | 373 | 104,736 | 928 | 1032,736 | 46,26 | R\$ 192,54 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 556,03 |
| abr/15 | 410,40 | 318 | 92,397 | 842 | 934,397 | 43,92 | R\$ 164,15 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 516,90 |
| mai/15 | 390,61 | 245 | 145,606 | 504 | 649,606 | 60,13 | R\$ 126,47 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 289,23 |
| jun/15 | 380,66 | 182 | 198,657 | 347 | 545,657 | 69,76 | R\$ 93,95 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 198,49 |
| jul/15 | 343,65 | 190 | 153,647 | 340 | 493,647 | 69,61 | R\$ 98,08 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 188,87 |
| ago/15 | 446,83 | 331 | 115,827 | 422 | 537,827 | 83,08 | R\$ 170,86 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 180,46 |
| set/15 | 375,51 | 320 | 55,509 | 594 | 649,509 | 57,81 | R\$ 165,18 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 321,17 |
| out/14 | 464,91 | 357 | 107,908 | 633 | 740,908 | 62,75 | R\$ 184,28 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 332,69 |
| nov/14 | 438,00 | 356 | 81,997 | 647 | 728,997 | 60,08 | R\$ 183,76 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 344,20 |
| dez/14 | 386,24 | 314 | 72,235 | 708 | 780,235 | 49,5 | R\$ 162,08 | 0,51618666 | 1,65% | 7,60% | 25% | 0,520910617 | 20,02 | 413,77 |
| TOTAIS | 4.947,83 | | | 8109 | | | R\$ 1.857,24 | | | | | | | 4.749,16 |

Dado que a aquisição do sistema completo juntamente com sua instalação custou R\$ 25.541,62, o sistema se pagaria em 13,75 anos, conforme cálculo abaixo.

$$\text{Payback} = 25541,62 / 1857,24 = 13,75 \text{ anos.}$$

Quadro 3: Estimativa de microgeração anual de energia elétrica no melhor cenário. Fonte: Elaborado pelos autores.

| Período | Leitura do inversor (kWh) | Geração injetada na rede da EDP (kWh) | Consumo do sistema (kWh) | Consumo da rede EDP (kWh) | Consumo Real (kWh) | Eficiência (%) | Crédito de microgeração (R\$) | BANDEIRA (TUSD+TE) (R\$) | ENCARGOS | | | | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | Preço da energia (R\$) |
|---------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|--------|------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | | | | PIS/PASEP | COFINS | ICMS | TOTAL DE ENCARGOS (R\$) | | |
| jan/15 | 427,38 | 282 | 145,375 | 983 | 1128,375 | 37,88 | R\$ 103,38 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 401,81 |
| fev/15 | 405,94 | 330 | 75,938 | 1161 | 1236,938 | 32,82 | R\$ 120,98 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 472,96 |
| mar/15 | 477,74 | 373 | 104,736 | 928 | 1032,736 | 46,26 | R\$ 136,74 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 341,03 |
| abr/15 | 410,40 | 318 | 92,397 | 842 | 934,397 | 43,92 | R\$ 116,58 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 318,31 |
| mai/15 | 390,61 | 245 | 145,606 | 504 | 649,606 | 60,13 | R\$ 89,82 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 176,56 |
| jun/15 | 380,66 | 182 | 198,657 | 347 | 545,657 | 69,76 | R\$ 66,72 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 121,38 |
| jul/15 | 343,65 | 190 | 153,647 | 340 | 493,647 | 69,61 | R\$ 69,65 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 114,96 |
| ago/15 | 446,83 | 331 | 115,827 | 422 | 537,827 | 83,08 | R\$ 121,34 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 104,15 |
| set/15 | 375,51 | 320 | 55,509 | 594 | 649,509 | 57,81 | R\$ 117,31 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 193,94 |
| out/14 | 464,91 | 357 | 107,908 | 633 | 740,908 | 62,75 | R\$ 130,88 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 199,82 |
| nov/14 | 438,00 | 356 | 81,997 | 647 | 728,997 | 60,08 | R\$ 130,51 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 207,16 |
| dez/14 | 386,24 | 314 | 72,235 | 708 | 780,235 | 49,5 | R\$ 115,11 | 0,3666 | 0,19% | 1,28% | 25% | 0,359971017 | 15,1 | 252,97 |
| TOTAIS | 4.947,83 | | | 8109 | | | R\$ 1.319,03 | | | | | | | 2.905,04 |

O resultado dos cálculos do melhor cenário, apresentado no Quadro 3, mostrou um valor de crédito de microgeração de R\$1319,03. Sendo assim, o *payback* do sistema seria em 19,36 anos, conforme cálculo abaixo.

$$\text{Payback} = 25541,62 / 1319,03 = 19,36 \text{ anos.}$$

CONCLUSÃO

O sistema foi projetado para atender 60% da demanda de energia elétrica da residência. De acordo com os dados apresentados, as placas estão atendendo em torno de 53,47% da demanda, caracterizando uma redução no aproveitamento esperado. O consumo total de energia elétrica da residência aumentou consideravelmente, o que pode ser apontado como causa para o aproveitamento inferior ao projetado. Através do Gráfico 1, ficou caracterizado que houve uma redução significativa no consumo de energia elétrica oriunda da rede da concessionária, algo em torno de 10,65%. Após análise do investimento financeiro aplicado ao sistema, podemos concluir que apenas no pior cenário de microgeração de energia elétrica haveria um retorno financeiro em um período inferior a 15 anos, devido ao maior custo com os impostos, tendo uma economia maior em um menor tempo.

REFERÊNCIAS

AMAN, M. M. et al. **A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system.** Malasya, 2014.

ANEEL. Resolução Normativa n. 482, de 17 de Abril de 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em: 05 nov. 2015.

AYÜN. **Energia solar térmica.** Disponível em: <http://www.ayunenergia.com/energia-solar>>. Acesso em: out. 2015.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME : EPE, 2007.

BRITO, M. C., SILVA, J. A. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade.** Revista O Instalador, 2006.

BRUNDTLAND, G. H. (1987). **Our common future**: The world commission on environment and development. Oxford University Press.

CASTRO, R. M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada**. Introdução à energia fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, 2002.

CASTRO, R. M. G. **Energias renováveis e produção descentralizada**. Introdução à energia fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CRESESB – Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio Salvo Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - Centro de Pesquisas em Energia Elétrica, mar. 2014.

FRONIUS BRASIL. **FroniusGalvo 3.1-1**. Disponível em: <http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-6881B5DF-425601C5/fronius_brasil/hs.xsl/7552_9399.htm#.VjUKk7erTIU> Acesso em: 31 out. 2015.

LEVA, F. F., SALERNO, C. H., CAMACHO, J. R. et al. **Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico**. In: Encontro de energia no meio rural, 5., 2004, Campinas. Proceedings online... Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200400200020&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 10 jul. 2015.

LINYANG SOLAR. **Linyang B Series Polycrystalline Solar Module 255/250/245W**. Disponível em: <http://www.linyang.com/userfiles/files/admin/B-Series%20Module_EN_201307.pdf> Acesso em: 31 out. 2015.

MARINI, J. A.; ROSSI, L. A. **Projeto de sistemas fotovoltaicos para a oferta de energia elétrica a comunidades rurais**. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Minas Gerais, 2004.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1 ed. Florianópolis: Editora UFSC/LABSOLAR, 2004.

VIRIDIAN ECOTECNOLOGIA. **Energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <
<http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4> > Acesso em: jul. 2015.

ZOMER, C. D. **Método de estimativa da influência do sombreamento parcial na geração energética de sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações**.
Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.