

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉTRICA**

FABRÍCIO KRÜGER GAVA

**UMA ANÁLISE DO LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM EM CIDADES
PARANAENSES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

FABRÍCIO KRÜGER GAVA

**UMA ANÁLISE DO LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM EM CIDADES
PARANAENSES**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentado à disciplina TCC 2, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Me. Vilmair E. Wirmond

CURITIBA

2018

Fabício Kruger Gava

UMA ANÁLISE DO LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM EM CIDADES PARANAENSES

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 11 de junho de 2018.

Prof. Antônio Carlos Pinho, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Mestre
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Vilmair Ermenio Wirmond, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Annemarle Gehrke Castagna, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Nastasha Salame da Silva, Dra.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vilmair Ermenio Wirmond, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

Aos meus pais, Márcia Krüger e Waldecir Gava
e à minha irmã Taciane Krüger Gava.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Márcia Krüger e Waldecir Gava pelo apoio e incentivo durante toda minha vida. Aos dois e também à minha irmã, Taciane Krüger Gava, pela compreensão de momentos de ausência devido às atividades acadêmicas e pelo companheirismo e apoio durante este período.

Agradeço também, meus avós maternos e paternos pela preocupação e suporte em minhas decisões de vida e acadêmica. Aos demais familiares de certa forma envolvidos na minha formação pessoal e profissional, registro também meus agradecimentos.

Ao professor Me. Vilmair Wirmond, orientador deste trabalho, agradeço pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa e disponibilidade em auxiliar-me na revisão e sugestões de melhorias do mesmo.

À banca examinadora, meus agradecimentos pelo tempo dedicado à avaliação do trabalho e sugestões dadas nas fases de proposta e TCC1, bem como na avaliação do TCC2

RESUMO

GAVA, Fabricio Kruger. **Uma análise do LucidPipe™ Power System em cidades paranaenses**. 2018. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle & Automação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

O consumo de energia vem crescendo ano após ano. Com este crescimento novas fontes de geração são necessárias, e com o atual cenário de conscientização de preservação do meio ambiente, as fontes renováveis se tornam cada vez mais importantes. Neste contexto, este trabalho realizou o estudo de viabilidade da aplicação de uma turbina da fabricante Lucid Energy, com o intuito de aproveitar o grande volume de energia até então desperdiçado no interior do sistema de adução de companhias de saneamento. Assim, focou-se em estudar a aplicação da turbina em questão em grandes adutoras nos trechos da tubulação de uma companhia de saneamento brasileira com o objetivo de verificar o comportamento e viabilidade de geração de energia através desta tecnologia. Em um primeiro momento, baseando-se em dados de cidades estadunidenses, acreditou-se que poderiam ser encontrados vários pontos para realização do estudo. No entanto, não foi isso que ocorreu. Com a colaboração da equipe da companhia de saneamento estudada, apenas dois pontos com potencialidade de instalação das turbinas foram identificados. Com a localização dos pontos, dados foram coletados e cálculos realizados para a obtenção da potência gerada na adutora em questão, os quais mostraram resultados negativos para a pesquisa. No entanto identificou-se uma potencial alteração do sistema de operação de uma das adutoras para que o sistema de turbinas pudesse gerar energia suficiente para pagar o investimento e ainda gerar caixa para a companhia. Além dos resultados obtidos com o estudo das turbinas da Lucid Energy, são apresentados outras tecnologias que podem ser melhor aproveitada na rede da empresa analisada devido às suas características técnicas. Ao final, chegou-se à conclusão que realmente as adutoras possuem um grande potencial energético até então pouco conhecido na comunidade científica e que pode ser uma fonte interessante de geração de energia elétrica no futuro.

Palavras chave: Geração de energia no interior de adutoras, LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM

ABSTRACT

GAVA, Fabricio Kruger. **An analysis of the LucidPipe™ Power System in cities of Paraná.** 2018. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle & Automação) - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2018.

Energy consumption has been growing year after year. With this growth new sources of generation are necessary, and with the current scenario of awareness of preservation of the environment, renewable sources become increasingly important. In this context, this thesis carried out the feasibility study of the application of a turbine manufactured by Lucid Energy, in order to take advantage of the large volume of energy previously wasted inside the system of adduction in sanitation companies. Thus, it was focused on studying the application of the turbine in large pipelines at a sanitation company in order to verify the behavior and viability of power generation through this technology in the state of Paraná. At first, based on data from US cities, it was believed that several points could be found for the study. However, that was not what happened. With the collaboration of the sanitation company's team, only two points with potential for the installation of the turbine were identified. With the identification of the points, data were collected and calculations were carried out to obtain the power generated in the pipeline analysed, which showed negative results for the research. However, a possible alteration in the operating system at Campo do Santana pipeline was identified, so that the turbine system could generate enough energy to pay the investment and still generate profit for the company. In addition to the results obtained with the study of Lucid Energy turbines, other technologies are presented which can be better used in the company network due to its technical characteristics. At the end, it was concluded that the water pipelines actually have a great potential of energy that until now is not very well known in the scientific community and can be an interesting source of electricity generation in the future.

Keywords: Power generation in adduction network, LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa do Sistema Interligado Nacional 2014	23
Figura 2: Mapa do potencial hidro energético brasileiro	24
Figura 3: Mapa do aproveitamento do potencial hidro energético brasileiro.....	26
Figura 4: Esquema de um sistema de abastecimento de água	36
Figura 5: Adutora.	37
Figura 6: Evolução das perdas de água em uma empresa de abastecimento no DF, antes e após a instalação da VRP	39
Figura 7: Sistema Lucidpipe™ Power System.....	42
Figura 8: Turbina LPPS no interior de adutora	44
Figura 9: Design da turbina LPPS no interior de adutora.....	44
Figura 10: Vista externa do LPPS.....	45
Figura 11: Instalação de turbina LPPS	45
Figura 12: Detalhe do gerador acoplado na turbina.....	46
Figura 13: HydroCoil® Turbine 6”	68
Figura 14: Detalhe HydroCoil® Turbine 6”.....	68
Figura 15: Esquemático da turbina Hydrospin no interior da tubulação.....	69
Figura 16: Detalhe Hydrospin..	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamento da turbina para adutora de 1000mm.....	56
Gráfico 2: Comportamento aproximado da turbina para adutora de 600mm.....	57
Gráfico 3: Relação entre a velocidade de água e potência gerada no período compreendido entre 01/04/2018 e 16/04/2018	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Consumo De Energia Elétrica Por Região Do País	25
Quadro 2: Empreendimentos Energéticos Em Operação	30
Quadro 3: Empreendimentos Energéticos Em Construção	31
Quadro 4: Empreendimentos Energéticos Com Construção Não Iniciada	32
Quadro 5: Caracterização do potencial hidrelétrico segundo os impactos ambientais (MW)	33
Quadro 6: Diâmetro tubulação e potência gerada por turbina	43
Quadro 7: Dados técnicos do LPPS	43
Quadro 8: Dados técnicos da turbina eólica analisada na comparação	48
Quadro 9: Dados técnicos do painel solar analisado na comparação	48
Quadro 10: Comparação entre as fontes de geração	48
Quadro 11: Trecho das informações obtidas com a companhia de saneamento ...	52
Quadro 12: Potência Gerada Conforme Velocidade Da Água No Interior Da Adutora De 600 mm	56
Quadro 13: Capacidade De Geração Diária E Previsão De Geração Mensal E Anual Nas Atuais Condições De Operação	59
Quadro 14: Análise Financeira Campo Do Santana Operação Atual	62
Quadro 15: Vazão Diária Da Adutora Campo Do Santana (L).....	63
Quadro 16: Período que a LPPS poderia operar em sua capacidade nominal diariamente	64
Quadro 17: Potência gerada pela LPPS no cenário otimizado	65
Quadro 18: Análise financeira Campo do Santana operação otimizada.....	66

LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
ARZC	Arizona & California Railroad Company
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
EIA	Energy Information Administration
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de esgoto
IEA	International Energy Agency
LPPS	LucidPipe™ Power System
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PGE	Portland General Electric
PWB	Portland Water Bureau
SIN	Sistema Interligado Nacional
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VRP	Válvula Reguladora de Pressão
WMWD	Western Municipal Water District

LISTA DE ABREVIATURAS

GWh	Gigawatt hora
h	hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
L	Litros
L/s	Litros por segundo
log	logaritimo
m/s	metros por segundo
m ³	metros cubicos
m ³ /s	metros cúbicos por segundo
m ³ /h	metros cubicos por hora
m.c.a.	metros de columna d' água
mm	milímetros
MWh	Megawatt hora
R\$	Símbolo monetário para real brasileiro
TWh	Terawatt hora
US\$	Símbolo monetário de dólar americano
W	Watt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	144
1.1. TEMA	144
1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA	166
1.3. PROBLEMAS E PREMISSAS	177
1.4. OBJETIVOS	188
1.4.1. Objetivo Geral	188
1.4.2. Objetivos Específicos	188
1.5. JUSTIFICATIVA	19
1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. CENÁRIO ENERGÉTICO NACIONAL	222
2.1. SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL	222
2.2. PRINCIPAIS FONTES DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL	233
2.2.1. Energia Hidráulica	23
2.2.2. Energia Eólica	27
2.2.3. Energia Fotovoltáica	28
2.2.4. Energia Térmica	28
2.3. GERAÇÃO DISTRIBUIDA	29
2.4. EXPANSÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	30
2.4.1. Plano de expansão	30
2.4.2. Barreiras para Instalação de Hidrelétricas nas Bacias Hidrográficas da Região Norte do Brasil	32
3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	355
3.1. ETAPAS DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO	35
3.1.1. Captação de Água	366
3.1.2. Adução	366
3.1.3. Estação Elevatória	366
3.3. PERDAS NO SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	388
3.4. VALVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO (VPR)	39
4. LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM	40
4.1. FUNCIONAMENTO	411
4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	422
4.3. PROJETOS	466
4.4. COMPARATIVO COM GERAÇÃO EÓLICA E SOLAR	488

5. ESTUDO DO SISTEMA APLICADO À REDE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DOS PONTOS SELECIONADOS NA COMPANHIA DESANEAMENTO ESTUDADA.....	50
5.1.PONTOS DE ESTUDO	51
5.1.1. Campo do Santana.....	51
5.1.2. Colombo	60
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS.....	61
6.1.ANÁLISE FINANCEIRA DA OPERAÇÃO ATUAL.....	61
6.2.ALTERNIVA PARA OTIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO.....	62
6.3.ANÁLISE FINANCEIRA DA OPERAÇÃO OTIMIZADA	66
6.4.MEIOS ALTERNATIVOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE DA COMPANHIA DE ABASTACIMENTO ESTUDADA	67
6.4.1. Hydrocoil® Turbine.....	67
6.4.2. Hydrospin	69
7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
7.1.CONCLUSÃO	70
7.2.SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	71
REFERÊNCIAS	722
APÊNDICE A - QUADRO COM INFORMAÇÕES TÉCNICAS DA ADUTORA CAMPO DO SANTANA.....	76

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA

A energia elétrica tem se mostrado cada vez mais importante para o desenvolvimento econômico e social das nações. Segundo pesquisas realizadas pela *Energy Information Administration* (EIA) (EIA, 2013), até o ano 2040 o aumento no consumo de energia elétrica no mundo será de aproximadamente 93% maior que o consumo total no ano de 2010, representando um consumo extra de 39 trilhões de KWh. O Brasil segue a tendência mundial no que tange o consumo de energia elétrica, porém em uma escala ainda maior que a mundial, com projeções de crescimento de 247,3% no consumo direto de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN), o equivalente a 1165 TWh até a mesma data (EPE, 2015).

Diante desse cenário existe a necessidade da expansão da capacidade geradora de energia para que a demanda futura seja atendida, uma vez que a produção de energia elétrica no Brasil foi de 590 TWh em 2014 (EPE, 2015), representando aproximadamente 50,6% da estimativa de consumo direto do SIN em 2040.

Além da preocupação com a necessidade de buscar meios para suprir a demanda futura de energia, também é necessária atenção à forma como esta energia é gerada, dando prioridade para fontes sustentáveis de geração (EPE, 2016). Assim, além de tornar-se necessário aumentar o número de pontos de geração, é preciso também criar novas maneiras de contribuir com a configuração futura da matriz energética a fim de evitar problemas como racionamento de energia.

Uma alternativa encontrada para contribuir com a geração de energia elétrica no futuro reduzindo a demanda do SIN e aproximando a fonte geradora de seu consumidor final é a autoprodução. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (EPE, 2016), no ano de 2050, 6,5% de toda a energia gerada no mundo será proveniente de pequenos geradores fotovoltaicos locais, como residências que possuem o sistema instalado em suas dependências. No Brasil esse

valor é ainda maior, com previsão de contribuição de 8,7% da demanda total do SIN (EPE, 2016).

Além da geração distribuída através da energia fotovoltaica, presente principalmente em pequenos consumidores, existem também outras maneiras de produzir a própria energia elétrica. Grandes consumidores industriais, utilizam a energia térmica excedente em seus processos para gerar sua própria energia elétrica que é consumida novamente em seus processos fabris, o que contribui para a redução do consumo direto do SIN e conseqüentemente o valor pago pela eletricidade fornecida pela concessionária. Segundo a EPE (2016), a autoprodução em grandes consumidores de energia elétrica crescerá em média 7% por ano até 2020 reduzindo para uma taxa 2,6% de crescimento anual até 2050.

Dentre aqueles considerados grandes consumidores, as empresas de saneamento básico contribuem para um elevado consumo de energia elétrica (SNIS, 2014). Em 2010, o consumo desse setor foi de 2,32% de toda a eletricidade consumida no Brasil, representando um total de 10,59 TWh (AESBE, 2013). No Paraná, a Sanepar companhia responsável pelo saneamento no estado, consumiu aproximadamente 690 GWh em 2014 (POSSETI, 2015).

Seguindo a tendência e a necessidade da autoprodução de energia elétrica para contribuição na demanda futura de eletricidade, o presente trabalho estudou a viabilidade de implantação de um novo método de geração de energia através do fluxo de água em grandes dutos do sistema de captação de água de médias e grandes cidades. Foi estudada a aplicação de um sistema americano chamado '*LucidPipe™ Power System*' e verificar sua viabilidade em termos de potencial energético e verificar sua viabilidade econômica de instalação.

A geração de energia elétrica através da rede de abastecimento de água já vem sendo estudada em alguns trabalhos acadêmicos. Silva (2012) realizou um estudo do potencial energético na rede pública de distribuição de água da cidade de Pato Branco no Paraná. Posteriormente, Silva, Garcete e Assis (2016), desenvolveram um sistema piloto de geração de energia elétrica através da rede de distribuição de água de Curitiba. Além desses, a empresa que desenvolveu o sistema que é analisado neste trabalho possui um equipamento instalado na cidade de Portland, no noroeste dos Estados Unidos, com capacidade de geração anual de 1100 MWh (Lucid Energy [1]) e um projeto em andamento para instalação de um

sistema similar para a *Arizona & California Railroad Company* (ARZC) com geração prevista de 1300 MWh por ano quando concretizado o projeto (Lucid Energy [2]).

1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

No Brasil, segundo a lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, compete ao município prestar, diretamente ou via concessão a empresas privadas, os serviços de saneamento básico, e dentro deste, a captação, tratamento e distribuição de água.

Quanto maior o número de habitantes, maior o consumo de água. Conseqüentemente, as cidades de médio e grande porte tendem a ter sistemas de captação de água bruta que demandam grande potência mecânica e elétrica no processo da captação até a distribuição da água aos consumidores. Também as dimensões das tubulações adutoras que transportam a água até as Estações de Tratamento de Água podem variar desde tubos de 200 mm até adutoras maiores do que 1000 mm de diâmetro, as quais trabalham sobre condições projetadas de vazão e pressão para evitar danos tanto à adutora quanto aos equipamentos a ela conectados.

Após o tratamento, a distribuição se processa de duas formas:

- Armazenamento em reservatórios elevados, através dos quais a água escoar por gravidade, sendo necessário reduzir a pressão em muitos pontos para manter dentro dos parâmetros de pressão, vazão e velocidade do fluído,
- Armazenamento em reservatórios no nível do solo, nos quais a pressão de saída da água é controlada por conversores de frequência acoplados ao motor elétrico de acionamento das bombas.

Em todas as etapas do processo há consumo de energia elétrica, mas ele é maior nas etapas de captação e recalque até as estações de tratamento de água e também na distribuição.

Segundo a Sanepar (2016 [1]), o custo de energia elétrica já é o segundo maior gasto da empresa, perdendo somente para a folha de pagamento de pessoal.

O consumo foi de 682,9 GWh de energia elétrica em 2014 a um custo de R\$ 206 milhões. Em 2015, o consumo de energia foi de 676,7 GWh, mas a Sanepar pagou R\$ 390,8 milhões, 89% a mais do que no ano anterior (SANEPAR, 2016 [1]).

Tendo em vista o cenário acima descrito, este trabalho tem um enfoque na identificação e análise de locais que atendem os requisitos mínimos para instalação do *LucidPipe™ Power System*, mencionado neste trabalho pela sigla LPPS, em cidades de médio e grande portes atendidas por uma companhia de saneamento no estado do Paraná, a verificação do potencial energético gerado nesses locais previamente avaliados e a viabilidade financeira da instalação do sistema. São desconsideradas as questões relativas a gastos gerais para instalação do projeto que não esteja diretamente vinculada com a aquisição do sistema, como adequação do meio e mão de obra para instalação e eventuais estruturas e gastos para interligação do sistema a rede da concessionária de energia elétrica.

1.3. PROBLEMAS E PREMISSAS

A crescente demanda por energia elétrica está fazendo com que pequenos e principalmente grandes consumidores adaptem seus sistemas e criem novas soluções para geração da própria energia elétrica (EPE, 2016). Além de contribuir com a redução de custos na fatura de energia elétrica, a autoprodução também contribui para o alívio do SIN.

Uma vez que as companhias de saneamento se enquadram no grupo de indústrias que demandam um consumo bastante elevado de energia elétrica (SNIS, 2016), visto que precisam alimentar o sistema de bombas que levam a água da captação até o consumidor final, torna-se interessante uma análise de amenização de custos e consumo de eletricidade utilizando a autoprodução nesse setor.

O aproveitamento do potencial energético da água que percorre grandes adutoras a velocidade e pressão elevadas torna-se uma opção de autoprodução para as empresas de saneamento reduzirem o custo com faturas de energia elétrica e reduzir o consumo do SIN.

As premissas para o desenvolvimento deste trabalho, foi a inexistência de estudos prévios analisando a viabilidade da instalação do *'LucidPipe™ Power*

System' em redes de companhias de abastecimento de água no Brasil, e o elevado consumo de energia elétrica pelas concessionárias de saneamento e a necessidade da diminuição desses custos para redução do impacto da tarifa de água paga pelo consumidor.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo Geral

Estudar o '*LucidPipe™ Power System*' como uma alternativa de geração de energia elétrica através da tubulação da rede de captação de água e investigar o potencial de geração desse sistema na rede de captação de água da companhia de saneamento analisada.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudar o potencial energético das adutoras como uma alternativa de geração de energia elétrica através do '*LucidPipe™ Power System*'.
- Analisar a rede de captação e distribuição de água da concessionária de água estudada e identificar pontos com potencial para instalação do sistema LPPS para geração de eletricidade.
- Verificar a viabilidade técnica e econômica, bem como as dificuldades em instalar o sistema proposto, no sistema de captação e distribuição de água da companhia de abastecimento objeto de estudo.
- Apresentar possíveis maneiras de utilização da energia gerada nas localidades estudadas neste trabalho, caso seja verificado a viabilidade técnico-econômica da instalação das turbinas.

1.5. JUSTIFICATIVA

O crescente aumento pela demanda de energia elétrica, aliado ao aumento recente da tarifa, exige que novas maneiras de produção alternativa de energia elétrica sejam utilizadas.

As concessionárias de distribuição de água, por serem grandes consumidores de energia tiveram seus gastos com energia consideravelmente elevados (Sanepar, 2016 [2]), resultando no repasse desse reajuste para a tarifa de água dos consumidores. Neste cenário, torna-se interessante a busca de alternativas para autoprodução de energia através da própria estrutura das concessionárias a fim de reduzir o consumo de energia do SIN e consequentemente amenizar custos de operação e da fatura do usuário.

O sistema desenvolvido pela *start-up* americana *Lucid Energy*, o qual tem o objetivo de gerar energia elétrica através de turbinas instaladas em tubulações onde existe um grande fluxo de água será estudado afim de verificar sua contribuição na geração de energia e potencialmente reduzir custos com na fatura de energia elétrica na concessionária de água.

Visto que as redes de captação variam de um local para outro, serão selecionados pontos da rede da empresa de saneamento do Paraná que atendam os critérios mínimos para implantação do sistema LPPS em termos de relevo, diâmetros e extensão de adutoras para que sejam obtidos resultados para diferentes situações e consequentemente analisar a viabilidade de instalação do sistema para diferentes cenários.

O desenvolvimento deste trabalho contribuirá para a análise desse novo sistema de geração de energia elétrica que apresenta possível potencial de contribuição para atendimento da demanda de eletricidade, mesmo que em pequena escala em um futuro próximo.

Além disso, o tema é relevante a conhecimentos desenvolvidos durante o curso de engenharia elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), tornando-se coerente um estudo relacionado ao tema.

1.6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de desenvolver este trabalho, algumas etapas foram seguidas com o objetivo de obter os resultados finais. A seguir é apresentada a sequência de procedimentos adotados para que o desenvolvimento deste estudo se tornasse possível:

1. Investigação da literatura, para obtenção de informações que pudessem ser relevantes para o desenvolvimento deste estudo como informações sobre o sistema a ser aplicado, informações gerais da matriz energética atual brasileira e previsões de demanda futura
2. Coletar informações referentes ao consumo de eletricidade no Brasil e o consumo de energia elétrica no setor de saneamento.
3. Coletar junto a engenheiros da companhia de saneamento analisada, informações relevantes ao estudo, como por exemplo, definição dos pontos de estudo, parâmetros como vazão, pressão, diâmetro nominal e altura manométrica de adutoras, assim como outras informações que se julguem necessárias para desenvolvimento do estudo.
4. Analisar as informações obtidas na análise de dados e verificar a viabilidade da instalação do sistema.

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: Este capítulo apresenta uma introdução ao tema estudado, bem como os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho e objetivos a serem alcançados.

Capítulo 2 – Cenário energético nacional: Aborda alguns problemas e dificuldades enfrentadas para implantação de novas usinas ou parques geradores de eletricidade no Brasil, bem como a previsão do aumento do consumo de energia elétrica no Brasil.

Capítulo 3 – Sistema de abastecimento de água: Neste capítulo é explicada de forma introdutória como é o sistema de captação e distribuição da água em um município.

Capítulo 4 – ‘LucidPipe™ Power System’: Explica o que é e como funciona o sistema objeto de estudo neste trabalho. Além disso, serão mencionadas aplicações, informações técnicas do sistema e resultados de projetos já implantados e estudos de implantação

Capítulo 5 – Estudo do sistema aplicado à rede de captação de água nos pontos selecionados na companhia de saneamento estudada: Neste capítulo é apresentado o estudo realizado nos pontos identificados que atendem os critérios mínimos para a instalação do sistema na empresa de saneamento estudada.

Capítulo 6 – Análise dos resultados encontrados: Explica os resultados encontrados no estudo e analisa sua viabilidade em termos de geração de energia e econômica, bem como determina se este pode contribuir para a matriz energética brasileira e mundial.

Capítulo 7 – Conclusão e considerações finais: É verificado o atingimento dos objetivos previamente estabelecidos no capítulo 1 e sintetizado os assuntos abordados entre os capítulos 2 a 6

2. CENÁRIO ENERGÉTICO NACIONAL

2.1. SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

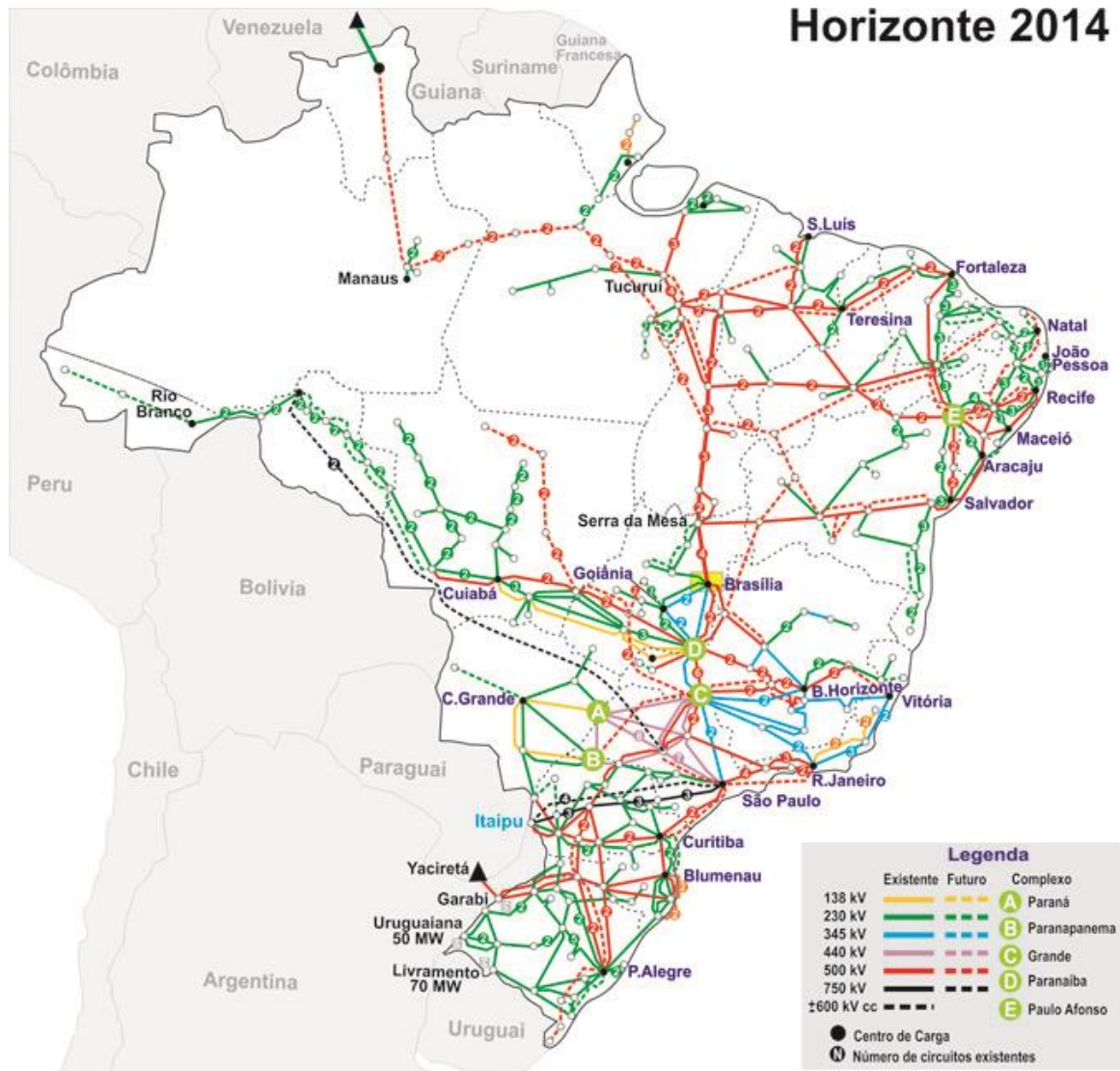
Sistema Interligado Nacional (SIN), é a denominação dada à rede interligada de geração e transmissão de energia elétrica presente no Brasil. O SIN é composto por empresas das cinco regiões brasileiras e é um sistema predominantemente hidrotérmico, ou seja, a eletricidade gerada pelas empresas que fazem parte do sistema são principalmente de origem hidráulica e térmica (ANEEL, 2005). De acordo com a ONS, mais de 98% da energia elétrica consumida no país é proveniente do sistema interligado (PORTAL BRASIL, 2011).

Devido a extensão e abrangência geográfica do SIN, localidades que enfrentam problemas com a seca que afetam a produção de energia elétrica através das usinas hidrelétricas, continuam sendo supridas com eletricidade devido ao livre fluxo de energia entre as regiões brasileiras (ANEEL, 2005).

Além do benefício de manter o fornecimento de eletricidade para grande parte do território nacional, independente de condições climáticas de cada região, o SIN permite também a redução de custos operacionais e a minimização da utilização de usinas termoelétricas sempre que houver *superávit* hidrelétrico em outros pontos do sistema, reduzindo a emissão de poluentes para a atmosfera, causados pela ativação de usinas termoelétricas.

O mapa da figura 1, apresenta a configuração do Sistema Integrado Nacional no ano de 2014.

Figura 1 – Mapa do Sistema Interligado Nacional 2014



Fonte: Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. (TAESA, 2013)

2.2. PRINCIPAIS FONTES DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL

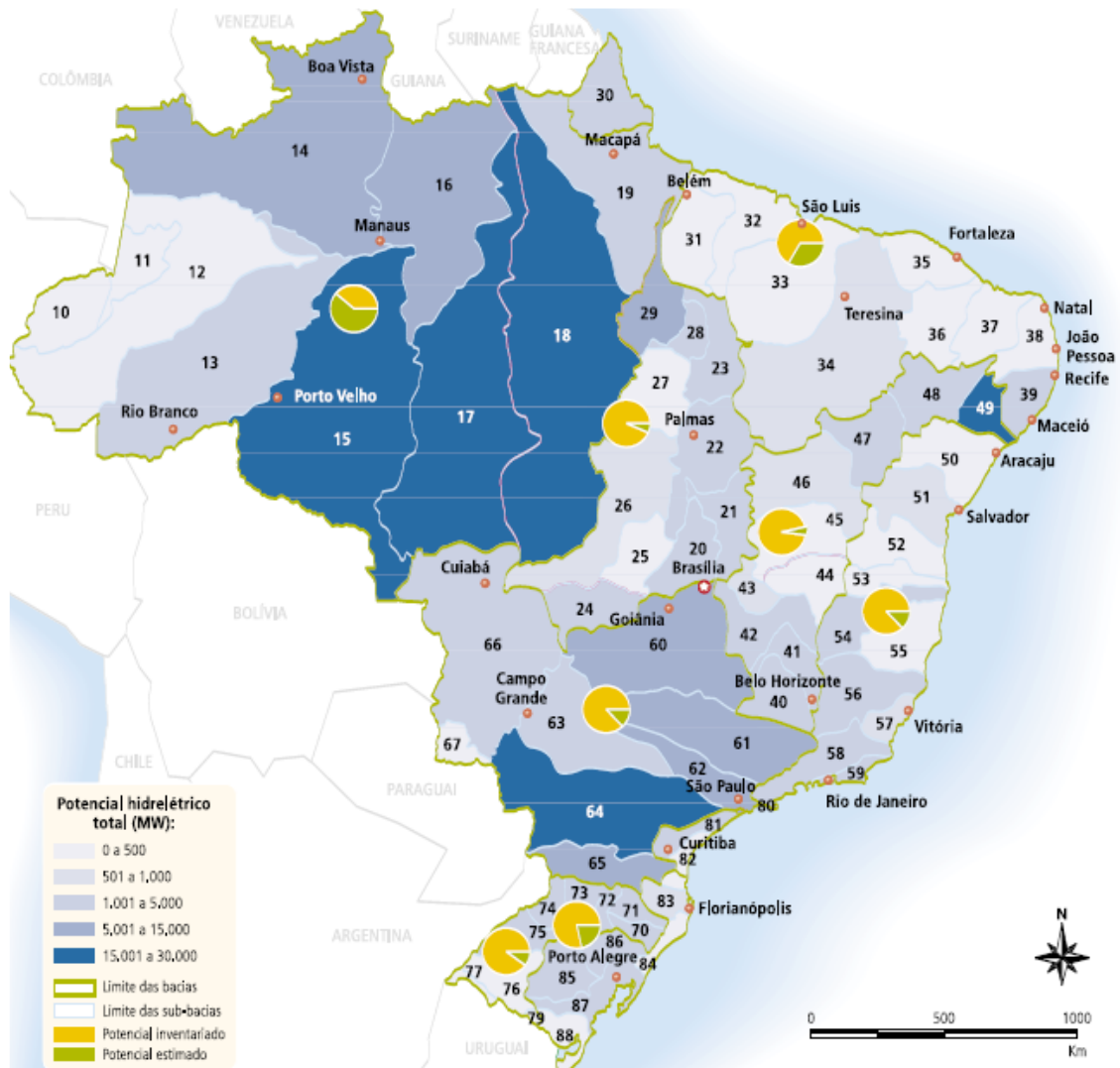
2.2.1. Energia Hidráulica

De acordo com a *International Energy Association*, IEA (2008), 16% de toda eletricidade consumida no mundo é originária da energia hidráulica, apresentando redução de 5% quando comparada aos dados de 1973. No Brasil, ela é a principal

fonte de geração da eletricidade consumida no país e continuará sendo responsável por grande parte do fornecimento para a nação pelos próximos anos (ANEEL, 2005). No entanto, ainda de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica, a contribuição desta fonte de geração de energia elétrica para a matriz energética nacional está decrescendo gradativamente. O constante aumento da demanda por eletricidade, aliado à saturação das principais bacias hidrográficas e também a inviabilidade socioeconômica da instalação de novas usinas em regiões onde ainda apresentam pontos tecnicamente viáveis devido a presença de populações indígenas ou fauna e flora que devem ser preservadas, também contribuem para redução do percentual de energia elétrica gerada através de fontes hidráulicas.

O mapa apresentado na figura 2 mostra a distribuição do potencial hidro energético do Brasil:

Figura 2 – Mapa do potencial hidro energético brasileiro



Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005)

Analisando o mapa do potencial hidrelétrico brasileiro, nota-se que os maiores potenciais estão na região norte do país. No entanto por se tratar de uma região distante dos principais centros consumidores e por ser uma área com várias restrições socioambientais, torna-se complicado instalação de novas usinas hidrelétricas nesta região. Por se tratar de regiões mais remotas do território nacional, o custo de construção e posteriormente os investimentos necessários para transmitir essa energia para os maiores centros consumidores da nação, regiões sudeste e sul, seriam elevados. Além disso, o tempo de construção de uma usina hidrelétrica é longo, o que também é um fator crítico considerando a acelerada demanda por energia elétrica.

O quadro 1 apresenta a relação de consumo de energia elétrica por região do país:

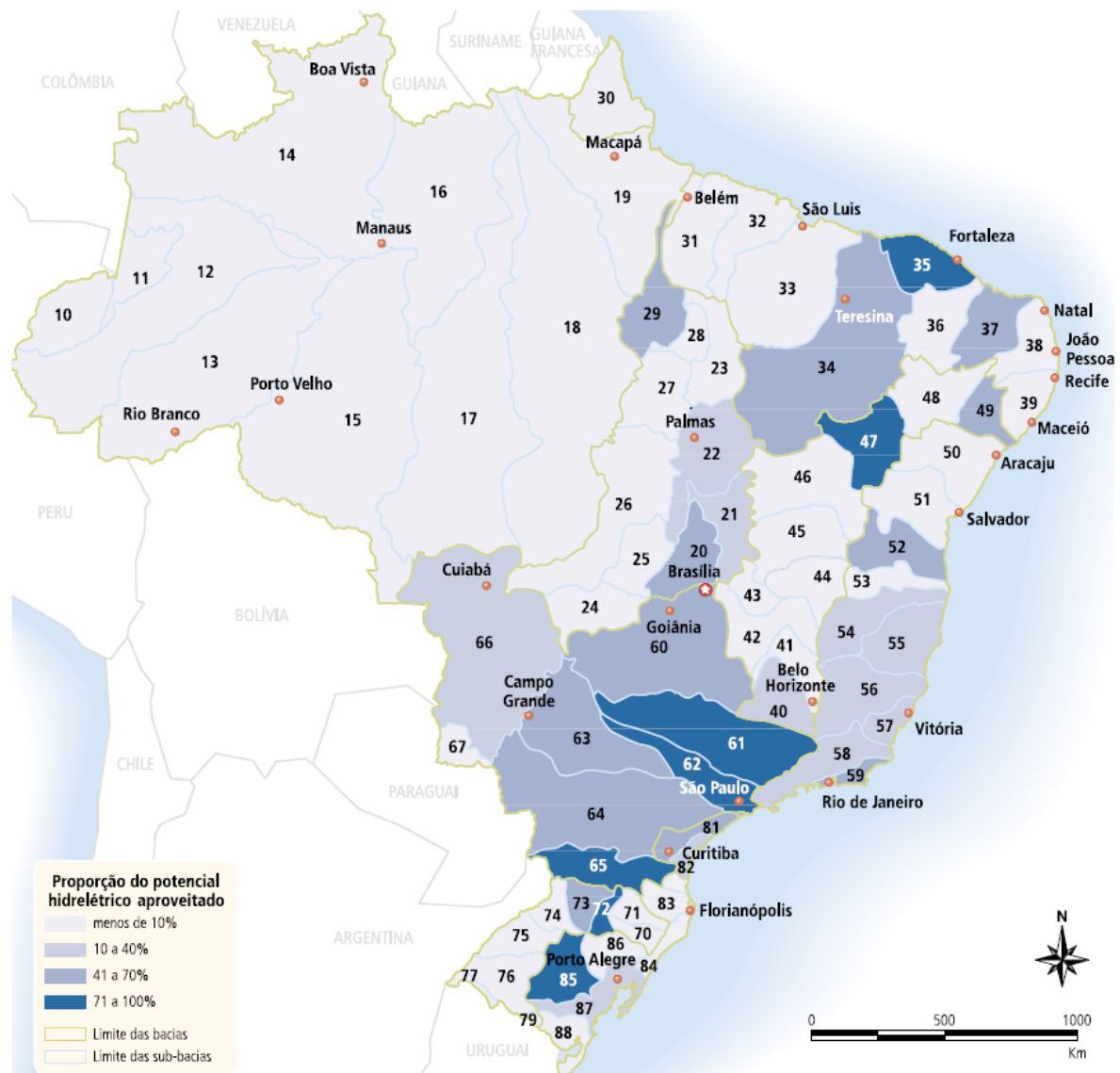
Quadro 1- Consumo de energia elétrica por região do país			
Região	Área (Km²)	População (%)	Índice de Potencial de Consumo (%)
Sul	576.410	14,79	18,24
Sudeste	924.511	42,66	49,78
Nordeste	1.554.257	28,11	17,00
Norte	3.853.327	7,59	7,42
Centro-oeste	1.606.372	6,85	7,57
Brasil	8.514.877	100	100

Fonte: (EPE, 2018)

Os dados do quadro 1 mostram que apesar de possuírem uma área relativamente pequena do Brasil, as regiões sul e sudeste são responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica no Brasil. Juntas as duas regiões consomem mais de 68% de toda eletricidade gerada no país, diante de apenas 7,42% da região norte, na qual a maior parte do potencial hidro energético está disponível. Com esses dados conclui-se que para o aproveitamento da energia gerada na região norte, grandes investimentos em transmissão e construção de novas usinas em locais remotos do país serão exigidos para que esta energia possa ser transmitida para as regiões com maior consumo. Adicionando-se os impactos socioeconômicos anteriormente mencionados, que seriam causados pela construção das mesmas, conclui-se que o mais viável seria a viabilização e exploração de novos meios de geração de energia elétrica.

Algumas bacias hidrográficas, principalmente aquelas localizadas próximas a grandes centros consumidores estão saturadas, o que impede a expansão do sistema de geração através de usinas hidrelétricas nestas bacias (ANEEL, 2005). O mapa da figura 3 apresenta o aproveitamento do potencial energético de cada uma das sub bacias hidrográficas do Brasil. O fato de algumas delas estarem com um índice de aproveitamento baixo ou médio, não traduz na possibilidade do aproveitamento do potencial restante através da construção de novas usinas devido a barreiras sociais, ambientais e econômicas.

Figura 3 – Mapa do aproveitamento do potencial hidro energético brasileiro



Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005)

Apesar de suma importância para a matriz energética brasileira, a energia hidráulica vem encontrando cada vez mais barreiras para sua expansão. Com isso, novas formas de geração de energia elétrica vêm sendo adotadas para suprir a demanda futura de energia elétrica, e novas alternativas de pequenas centrais de geração, próximas aos consumidores vem sendo apresentadas, como é o caso do sistema de micro geração apresentado por este trabalho.

2.2.2. Energia Eólica

Nesta forma de geração, a eletricidade é produzida através da energia cinética dos ventos, a qual é denominada energia eólica. É uma fonte de geração que vem expandindo sua contribuição tanto na matriz energética mundial, como na matriz nacional. De acordo com a ANEEL (2015), em 2020 cerca de 12% da energia consumida no mundo será resultante da energia dos ventos. No Brasil, ela vem se tornando cada vez mais popular, e já possui uma contribuição bastante expressiva para a matriz energética brasileira, saltando de 6 centrais eólicas em 2003 para centenas de parques eólicos atualmente, e produzindo mais de 6,5% de toda energia elétrica consumida no país (ANEEL, 2016).

Apesar de ser muito promissora em termos de atendimento da demanda de energia elétrica futura, e benéfica em termos ambientais quando comparada as termoelétricas por exemplo, ela também apresenta algumas desvantagens. Alguns dos problemas apresentados por essa forma de geração, são a poluição sonora e visual, que afetam comunidades próximas aos locais onde encontram-se instalados os parques eólicos, interferências eletromagnéticas que podem afetar sistemas de comunicação e transmissão de dados (ANEEL, 2005), além de serem dependentes de condições climáticas, nesse caso da presença de ventos. Outro fator que coloca em cheque os parques eólicos, é a constante alteração climática nos últimos anos, o que pode acarretar em modificações do comportamento das correntes de ventos futuramente. Mudanças estas que podem causar um grande impacto na geração total de eletricidade através de turbinas eólicas, colocados em risco os altos investimentos nesse tipo de geração.

2.2.3. Energia Fotovoltaica

A geração de eletricidade pelo método fotovoltaico tendo o sol como a fonte de luz é a mais comum no território brasileiro. Trata-se de uma alternativa de geração que vem ganhando espaço na matriz energética devido às reduções nos custos de implantação que esta tecnologia vem apresentando nos últimos anos.

Há alguns anos, ela era utilizada somente para atendimento em pequena escala, principalmente em comunidades isoladas e para geração de energia para os consumidores locais. Sua atual contribuição para geração de energia elétrica no Brasil ainda é irrelevante, com apenas 0,02% da eletricidade gerada (ANEEL, 2016). No entanto em pouco tempo terá uma contribuição mais interessante, uma vez que centenas de novos empreendimentos desta natureza estão sendo construídos (ANEEL, 2016).

De acordo com a ANEEL (2005), as principais barreiras para aumentar a contribuição da energia fotovoltaica na geração de energia elétrica são os custos, que apesar de apresentarem considerável queda nos últimos anos ainda são caros comparados à outras tecnologias, e também ao fato das células fotovoltaicas ainda não possuírem uma eficiência expressiva na conversão da energia captada pelo sol para eletricidade.

2.2.4. Energia Térmica

Existem diversas formas de geração de eletricidade através da energia térmica. No Brasil, os principais combustíveis usados são o carvão, gás natural e o combustível nuclear (ANEEL, 2005). Atualmente cerca de 29% da eletricidade do país é gerada através desses combustíveis, e existe previsões que esta contribuição seja ainda maior em um futuro próximo, visto que existem centenas de usinas termoelétricas sendo construídas, que terão o gás natural como combustível principal (ANEEL, 2016).

Com a crescente preocupação em reduzir os gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, aliado ao fato dos combustíveis fósseis serem finitos, essa

forma de geração de eletricidade encontra certa resistência em sua expansão, principalmente com a utilização do carvão como combustível (ANEEL, 2005). Assim, apesar de novas usinas desse tipo estarem em fase de construção, o ideal seria substituir esses combustíveis fósseis por fontes alternativas de produção de eletricidade, utilizando essas usinas somente em casos onde a quantidade de energia elétrica gerada pelas fontes menos poluentes não forem o suficiente para suprir a demanda de energia momentânea.

2.3. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída tem como característica a instalação de unidades geradoras próximas ao ponto onde a energia será consumida. No caso da energia elétrica ela é gerada através de uma fonte renovável de energia, geralmente a fotovoltaica, eólica, usinas de biogás ou pequenas centrais hidrelétricas (PCH) (ANEEL, 2016 [2]). De acordo com a resolução normativa nº 482/2012, caracteriza-se por micro geração distribuída, centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e inferior a 3 MW para fontes hídricas, a qual abrange o sistema LPPS, objeto de estudo deste trabalho (ANEEL, 2016 [2]).

Qualquer estabelecimento, desde que apresente viabilidade de instalação e econômica para tal, pode adequar-se para produzir sua própria eletricidade. O usuário que adotar este sistema terá com benefício redução em sua conta junto a concessionária de energia, e em meses que a geração for superior ao consumo, o mesmo terá créditos com a concessionária que poderão ser utilizados em faturas futuras.

Em 2015 o Ministério de Minas e Energia lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de energia Elétrica (ProGD), para estimular a expansão da geração distribuída no Brasil através de benefícios aos consumidores que vierem a instalar sistemas de geração de energia elétrica em suas unidades. O Objetivo é que até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras entre residenciais, comerciais, industriais e agrícolas gerem uma parte de sua própria eletricidade, resultando em aproximadamente 48 TWh produzidos e deixando de emitir 29 milhões de toneladas de monóxido de carbono para a atmosfera (MME, 2015).

A popularização do uso da geração distribuída contribuirá para a redução e postergação de investimentos em grandes sistemas de geração e transmissão de energia elétrica e poderá contribuir para a matriz energética do país a curto, médio e longo prazo, uma vez que suas instalações demandam menos tempo para se concretizarem e também por estarem em constante expansão, aumentando o número de unidades geradoras a cada ano (MME, 2015).

2.4. EXPANSÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

2.4.1. Plano de expansão

Segundo a Agência Nacional de Energia elétrica (2016), em setembro de 2016, existiam 4568 unidades produtoras de energia elétrica no Brasil, totalizando uma potência instalada de 147.506.191 kW, sendo consideradas todas as fontes de geração de eletricidade presentes em território nacional. O quadro 2 lista os métodos geradores utilizados no país bem como sua contribuição para a matriz energética:

Quadro 2 – Empreendimentos energéticos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	560	438.722	440.804	0,3
EOL	383	9.416.008	9.329.230	6,32
PCH	447	4.856.350	4.838.586	3,28
UFV	40	26.962	22.962	0,02
UHE	218	101.061.620	90.239.548	61,18
UTE	2.918	42.367.765	40.645.061	27,55
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,35
Total	4.568	160.157.427	147.506.191	100

Fonte: Banco de informações de geração (ANEEL, 2016)

Através dos dados mostrados no quadro acima, percebe-se que hoje a matriz energética é muito dependente da fonte que está com sua capacidade de expansão limitada, a geração hidroelétrica de grande porte, representada pela sigla UHE.

Ainda de acordo com a ANEEL (2016), em 2016 existiam 215 empreendimentos sendo construídos para fins de geração de energia elétrica no

país. O quadro 3 apresenta a expansão de unidades geradoras de energia em número de estabelecimentos e potência a ser gerada quando os mesmos estiverem concluídos.

Quadro 3 – Empreendimentos energéticos em Construção			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0,01
EOL	144	3.284.730	37,1
PCH	34	454.959	5,14
UFV	3	84.000	0,95
UHE	7	1.967.100	22,22
UTE	25	1.711.246	19,33
UTN	1	1.350.000	15,25
Total	215	8.852.883	100

Fonte: Banco de informações de geração (ANEEL, 2016)

O quadro acima comprova que as grandes usinas hidroelétricas perderão gradualmente sua predominância na geração de energia elétrica com o passar dos anos. Das obras de expansão da matriz energética que estão em andamento no Brasil, somente 22,22% da capacidade de potência outorgada será proveniente desta fonte. Elas vem sendo substituída por outras tecnologias como por exemplo a eólica com 144 novos polos em construção, que representará 37,1% dos 8.852.883 kW de potência que estão em fase de desenvolvimento e geração termoelétrica, com contribuição de 15,25% provenientes da usina termonuclear de Angra 3 e 19,33% de outras 25 termoelétricas que estão em fase de construção, totalizando em 34,58% do total de energia gerada entre os novos empreendimentos. (ANEEL, 2016).

O cenário descrito acima de redução da contribuição das hidroelétricas na matriz energética brasileira torna-se ainda mais evidente quando consideramos os empreendimentos que ainda não tem sua construção iniciada mas fazem parte do plano da matriz energética futura do Brasil. Neste cenário temos 671 novos centros geradores de energia elétrica a serem construídos, que juntos terão capacidade de gerar 17.893.723 kW de potência. Deste total, apenas 3,52% serão provenientes de usinas hidroelétricas, o que representará 629.000 kW e quase trinta por cento será resultado da geração através de usinas termoelétricas (ANEEL, 2016).

O quadro 4 apresenta o perfil de unidades geradoras de energia elétrica que estão planejadas no Brasil, porém ainda não tiveram sua construção iniciada.

Quadro 4 – Empreendimentos energéticos com Construção não iniciada			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
<u>CGH</u>	37	25.351	0,14
<u>CGU</u>	1	50	0
<u>EOL</u>	237	5.643.250	31,54
<u>PCH</u>	120	1.710.966	9,56
<u>UFV</u>	107	2.868.997	16,03
<u>UHE</u>	6	629.000	3,52
<u>UTE</u>	163	7.016.109	39,21
Total	671	17.893.723	100

Fonte: Banco de informações de geração (ANEEL, 2016)

Neste caso, assim como observado no quadro 3, nota-se um aumento considerável da contribuição de usinas eólicas e termoelétricas. Além dessas, as pequenas centrais hidrelétricas (PCH's), bem como usinas solares começarão a ter uma participação mais interessante na matriz energética futura, que somadas representarão mais de 25% da potência planejada para unidades que serão construídas.

Com o cenário exposto acima, torna-se evidente a necessidade de buscar novos meios de geração de energia elétrica para que a demanda de energia futura do Brasil possa ser suprida sem problemas de escassez de energia elétrica e possa continuar a ter uma matriz predominantemente limpa.

2.4.2. Barreiras para Instalação de Hidroelétricas nas Bacias Hidrográficas na Região Norte do Brasil

A presente configuração do parque gerador de energia elétrica no Brasil é capaz de atender a demanda atual por energia elétrica do país. No entanto em um futuro não muito distante, medidas deverão ser tomadas para adequar a atual produção à demanda futura por eletricidade no país. Atualmente a principal fonte de

geração de eletricidade é a hidroelétrica através de usinas de grande porte, as quais são responsáveis por mais de 61% da eletricidade consumida no Brasil (ANEEL, 2016). Todavia, a expansão deste tipo de fonte geradora está em cheque devido ao esgotamento do potencial hidro energético economicamente e sócio ambientalmente viáveis de algumas bacias hidrográficas brasileiras, onde estão construídas algumas das maiores barragens do mundo, responsáveis por uma quantidade de energia gerada capaz de abastecer milhões consumidores (ANEEL, 2005).

De acordo com Souza e Jacobi (sem data [1]) a localização de pontos com potencial gerador de eletricidade pelo meio de hidroelétricas em territórios ocupados por comunidades indígenas, inviabiliza a desapropriação das terras para a construção de barragens. Problema também enfrentado em locais não considerados reservas indígenas, mas que causariam grandes transtornos devido a grandes desapropriações de terras e realocação da população atingida pelos impactos da construção de uma barragem para operação de usinas hidroelétricas, além de impactos significativos na flora e fauna local, que muitas vezes são compostas por espécies únicas no cenário mundial.

Setenta e sete por cento das usinas hidrelétricas com incorporação planejada para os próximos anos encontram-se na bacia do Rio Amazonas, local distante dos principais centros consumidores de energia elétrica (Souza e Jacobi, sem data [b]). Além disso, ainda de acordo com Souza e Jacobi (sem data, [2]) 62% do potencial hidro energético desta bacia possui alguma restrição socioambiental como apresentado em detalhes no quadro 5.

Quadro 5 - Caracterização do potencial hidrelétrico segundo os impactos ambientais (MW)		
Impacto	Total	%
Sem impacto significativo	29.196	37,9
Reserva indígena	34.158	44,3
Parque nacional	9.330	12,1
Quilombo	2883	3,7
Reserva de desenvolvimento sustentável	968	1,3
Floresta nacional	420	0,5
Área de preservação ambiental (APA)	53	0,1
Reserva biológica	50	0,1
Demais impactos		< 0,5

Fonte: (SOUZA E JACOBI, sem data [1])

Os dados do quadro 5, confirmam que existem várias barreiras para exploração do potencial hidro energético nas bacias hidrográficas na região norte do país, além dos já mencionados alto custos para implantação de grandes sistemas geradores e também de transmissão.

3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.1. ETAPAS DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

De acordo com Gomes (2009), um sistema de abastecimento de água é o conjunto de equipamentos, obras e serviços que tem como objetivo fornecer água para consumo doméstico, industrial e público. Ainda de acordo com Gomes (2009), esses sistemas são compostos por unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatórios, rede de distribuição e ligações prediais.

As partes componentes de um sistema de abastecimento de água são definidos por Tsutiya (2006) da seguinte maneira:

- Unidades de captação: Estruturas e equipamentos construídos ou montados afim de retirar a água do manancial e destina-la ao restante do sistema de abastecimento.

- Estação de tratamento: Unidade com a função de tornar a água retirada dos mananciais adequadas para o consumo da comunidade.

- Estação elevatória: Obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte do sistema, tendo como principal objetivo aumentar a pressão e a vazão em adutoras.

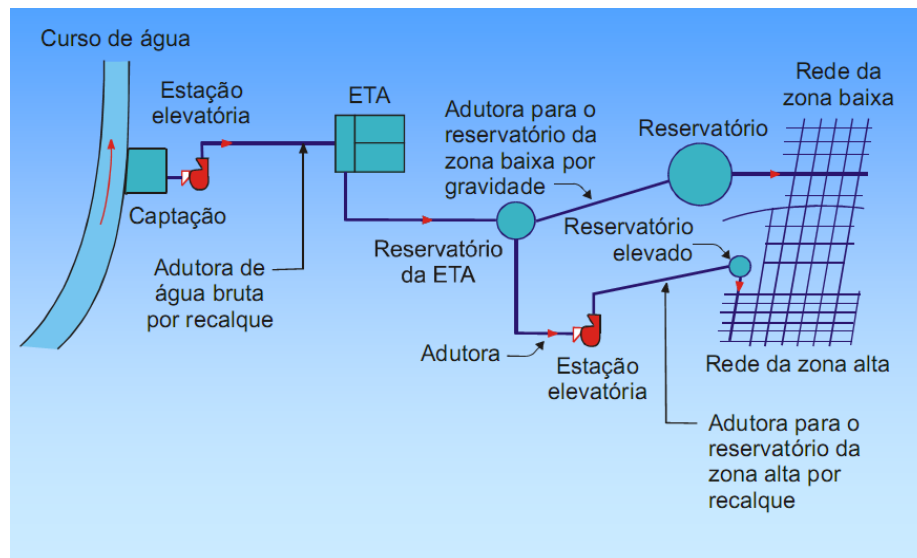
- Adução: São responsáveis pela canalização da água entre unidades que antecedem a rede de distribuição.

- Reservatórios: É responsável por regularizar a vazão de adução e distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição de água.

- Rede de distribuição: É a parte do sistema que através de tubulações e equipamentos adequados, abastecem a população com água potável.

A figura 4 representa de forma esquemática um sistema de abastecimento de água por captação superficial. Primeiramente a água é bombeada do manancial superficial para uma estação elevatória como representado na figura. Na sequência a água é conduzida para a estação de tratamento através de adutoras. Após a fase de tratamento, ela é levada para os reservatórios da estação de tratamento e posteriormente para os reservatórios de onde a água será distribuída para a população.

Figura 4 – Esquema de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Echoa Engenharia (2016)

Dentre todas as etapas envolvidas no processo de tratamento da água, as mais importantes são:

3.1.1. Captação da água

Existem duas maneiras de captação de água, a captação de água superficial e a captação de água subterrânea. No caso da captação superficial, os mananciais são constituídos por córregos, rios, lagos e represas que representam 0,007% da água disponível na Terra (TSUTIYA, 2006). Já na captação subterrânea, é captada a água que flui através de formações geológicas sob a superfície e é onde estão 0,7% da água do planeta (TSUTIYA, 2006).

3.1.2. Adução

As adutoras são responsáveis pela canalização de água entre unidades do sistema de abastecimento de água que antecedem a distribuição para os consumidores. Elas podem ser classificadas de duas maneiras: pela natureza da água transportada, podendo conduzir água bruta ou água tratada e quanto a energia

para a movimentação da água, neste caso sendo classificadas em adutora por gravidade, por recalque e adutoras mistas (TSUTIYA, 2006).

No que diz respeito ao fluido conduzido, adutoras de água bruta são tubulações em que flui água ainda não processada pela estação de tratamento, e as adutoras de água tratada, conduzem a água da estação de tratamento para as unidades seguintes do sistema de abastecimento (TSUTIYA, 2006).

No caso da classificação pela energia para movimentação da água, as adutoras por gravidade são aquelas que transportam a água de locais mais elevados para locais com uma altitude inferior, podendo ser em conduto forçado onde a pressão da água é superior à pressão atmosférica, ou em conduto livre com a pressão igual à atmosférica. Neste caso não é necessário a utilização de energia externa para impulsionar a água, uma vez que a força da gravidade realiza esta tarefa naturalmente. No caso das adutoras por recalque, a água é transportada de um ponto mais baixo para um nível mais elevado, exigindo que sejam utilizados equipamentos para o bombeamento do líquido. Existem também as adutoras mistas que são uma associação destes dois tipos de adutora (TSUTIYA, 2006). Por ser responsável por transportar um grande volume de água as adutoras normalmente apresentam um grande diâmetro e a água que flui em seu interior possui uma grande energia armazenada pelo fato de normalmente sua pressão ser elevada.

A figura 5 ilustra um trecho de um sistema de adução de uma empresa de tratamento de água.

Figura 5 – Adutora



Fonte: SAAE, sem data

3.1.3. Estações elevatórias

Estações elevatórias recalcam água em sistemas que não tem condições de operar somente através da força da gravidade, tornando-se necessário o bombeamento da água para níveis mais elevados através de equipamentos eletromecânicos (motores e bombas), para que a mesma possa ser distribuída para o consumidor. De acordo com Tsutiya (2006), esta etapa do sistema de abastecimento acarreta em um acréscimo do consumo de energia elétrica devido a necessidade de equipamentos de alta potência para bombearem grandes volumes de água a alturas mais elevadas.

3.2. PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE AGUA

Um dos problemas mais recorrentes nas companhias de abastecimento de água são as perdas do produto já tratado entre a estação de tratamento e o consumidor final. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), a média de perda de água pelas companhias de abastecimento no Brasil é 40% (ABES, 2013). Entende-se por perdas, toda a água tratada pela companhia que não foi faturada, ou seja, que foi desperdiçada, não chegando consumidor final seja por vazamentos ou problemas na rede ou pelo uso ilegal da mesma por parte da população através de ramais ilegais (MARINOSKI, 2007). A empresa objeto de estudo deste trabalho, tem apresentado as menores taxas de perdas dentre as companhias atuantes em território nacional, com perdas de aproximadamente 21% do montante total que foi tratado (ABES, 2013).

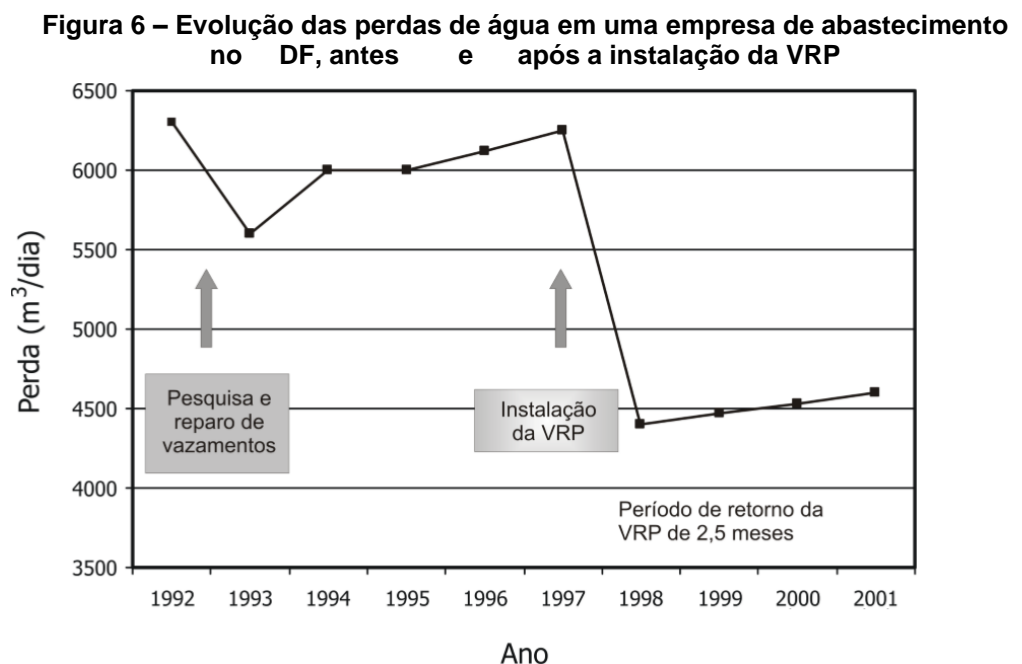
Uma das maneiras mais eficazes para reduzir as perdas, é por meio da regulação da pressão da água no sistema de adução. Altas pressões são responsáveis pelo rompimento de tubulações que por consequência geram perdas da água tratada, e também prejuízos materiais, uma vez que na maioria dos casos e

necessário o interrompimento do serviço para a realização da manutenção da infraestrutura danificada.

3.3. VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSAO (VRP)

A maneira mais eficiente para a regulação da pressão em uma adutora e consequentemente redução de perdas é através da utilização das válvulas reguladoras de pressão, como pode ser visto na figura 6, que mostra a redução expressiva nas perdas de água tratada na rede de uma empresa de tratamento no Distrito Federal (GONÇALVES, 2005). Essas válvulas tem como objetivo manter a pressão no sistema em um nível ótimo, garantindo que a pressão mínima seja fornecida e a pressão máxima não seja extrapolada que geralmente é entre 10 e 40 m.c.a.

Esses equipamentos devem ser instalados em localidades do sistema onde existem criticidade de pressão, os quais devem ser identificados ou por métodos computacionais, ou então por reincidência de problemas de rompimento da tubulação em um determinado local.



Fonte: GONÇALVES (2005)

4. LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM

Todas as informações, dados técnicos e imagens deste capítulo foram retiradas do site da empresa Lucid Energy que é a fabricante do LucidPipe™ Power System, que podem ser obtidos acessando: <<http://lucidenergy.com/>>

LucidPipe™ Power System (LPPS) é uma tecnologia desenvolvida pela *start-up* norte-americana *Lucid Energy* com o objetivo de proporcionar a grandes consumidores de água, principalmente concessionárias de distribuição de água, uma alternativa de aproveitamento da energia potencial deste fluido no interior de grandes tubulações para geração de energia elétrica. As principais aplicações para o sistema são ambientes industriais que utilizam grandes volumes de águas em seus processos, empresas de saneamento e grandes sistemas de irrigação.

Com esse sistema a energia gerada pode ser transmitida para rede elétrica convencional permitindo a utilização por consumidores atendidos por concessionárias de energia ou a utilização da energia pelo próprio detentor do sistema, na alimentação de equipamentos que requerem energia elétrica para seu funcionamento. Essa funcionalidade permite reduzir os custos atrelados ao consumo de energia elétrica em muitas companhias, reaproveitando a energia que já está presente em alguns processos, porém até então sendo desprezada. Além da redução de custos, este tipo de geração permite o abastecimento elétrico de regiões que não são atendidas pela rede elétrica, possibilitando a implantação de instalações que dependam da eletricidade em locais remotos como é o caso de um projeto que está sendo desenvolvido para a *Arizona & California Railroad Company* (ARZC), e que será exposto com maiores detalhes posteriormente neste capítulo.

Além de gerar energia elétrica, o sistema pode ser utilizado para monitorar parâmetros como pressão, vazão, velocidade e outras variáveis que são captadas por sensores que compõem o conjunto do *LucidPipe™ Power System*.

Diferentemente de algumas fontes de energia renováveis como a solar e eólica, o LPPS não depende das condições climáticas para um bom desempenho de geração, o que permite uma capacidade de produzir de duas a três vezes mais energia que os dois métodos de geração mencionados. Além disso, o fato de ser instalado subterraneamente reduz as chances de interferências externas, como

vandalismo nas instalações e aumento no nível de segurança por ficar localizado em local inacessível para pessoas não autorizadas.

4.1. FUNCIONAMENTO

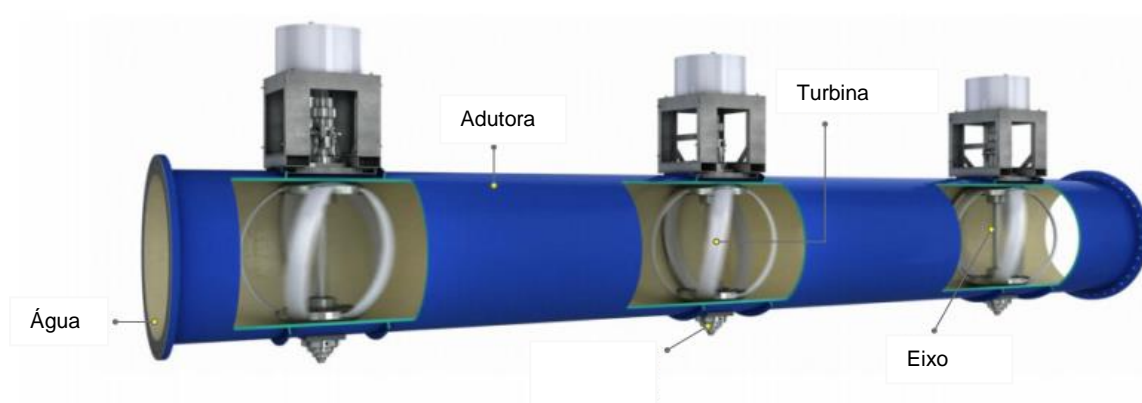
O *LucidPipe™ Power System* transforma a energia mecânica da água que flui em altas velocidades e em volumes elevados no interior de grandes tubulações em energia elétrica. O sistema é basicamente composto por um trecho da linha de água que em seu interior possui turbinas, as quais são movidas pela água que flui através delas pelo efeito da força da gravidade. Cada turbina é ligada a um gerador que produz eletricidade em corrente contínua, podendo ser utilizada diretamente para o carregamento de baterias, ou transformada em corrente alternada através de um inversor, o que possibilitaria a utilização direta da energia gerada em equipamentos localizados próximos das instalações do LPPS, ou então transmitida para a rede elétrica da concessionária de energia elétrica que atende a localidade.

Em cada trecho de linha podem ser instaladas mais de uma turbina dependendo das características operacionais do local. Além do conjunto dos componentes responsáveis efetivamente pela geração de energia elétrica (turbina e gerador), o sistema possui equipamentos que permitem outras operações como o monitoramento das condições de operação da tubulação através de sensores instalados na linha para registro de parâmetros como velocidade e pressão da água fluindo através daquela seção de linha. Esses sensores além de registrar os parâmetros, podem controlar a energia gerada, permitindo o aumento ou redução da produção de energia elétrica de acordo com as condições momentâneas de operação da tubulação no local onde as turbinas estão alocadas, além de poder interromper a geração de energia no momento em que for desejado ou necessário.

Outra característica deste sistema é sua funcionalidade de auxiliar como prolongadora da vida útil das válvulas reguladoras de pressão, que são utilizadas amplamente nas tubulações da rede de captação e distribuição de água das companhias de saneamento municipais. Elas são responsáveis pela redução da pressão da água em trechos onde são atingidos níveis de pressão que podem prejudicar a integridade física da rede de água de uma cidade.

Na figura 7, observa-se uma ilustração que representa um segmento de tubulação com três turbinas instaladas, cada qual com seu respectivo gerador acoplado na parte superior. Na prática, este segmento substituiria um trecho de linha de água já existente, transformando aquela tubulação em uma unidade geradora de energia hidroelétrica.

Figura 7 – Sistema LucidPipe™ Power System



Fonte: Adaptado de LUCID ENERGY

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A energia gerada pelo *LucidPipe™ Power System*, é consequência de diversos fatores, que devem ser considerados para que seja estimado a capacidade de geração em uma determinada tubulação sem que as condições mínimas de operação da rede sejam afetadas pela inserção do LPPS.

Sistemas como os que podem ser aplicados o *LucidPipe™ Power System*, possuem uma grande variação de suas características construtivas e operacionais dependendo da utilização do mesmo. Em razão disso, o diâmetro das tubulações é um dos principais parâmetros que devem ser analisados ao se prever a instalação do LPPS. Quanto maior a bitola das tubulações, maior o volume de água que espera-se encontrar fluindo no interior das mesmas, conseqüentemente maiores serão as turbinas e geradores instalados naquela linha e finalmente maior sua capacidade de geração de eletricidade. O quadro abaixo mostra o desempenho das turbinas do LPPS para três diferentes dimensões de tubulações. A *Lucid Energy* dispõem de sistemas para instalação em tubulações de 24" até 60".

Quadro 6 - Diâmetro da tubulação e Potência gerada por turbina	
Diâmetro da tubulação (mm)	Potência (kW)
600	14
1000	50
1500	100

Fonte: LUCID ENERGY

O diâmetro da tubulação por si só, não determina o potencial do sistema. A variável mais importante para a determinação do potencial de geração é a velocidade que a água atravessa as turbinas. A geração de energia elétrica de um determinado sistema aumenta conforme a velocidade cresce. Em alguns casos, a redução da bitola de uma determinada tubulação é necessária para que a velocidade da água em seu interior aumente e torne-se viável as condições de instalação como mencionado no parágrafo anterior. Usualmente a velocidade da água em uma adutora de um sistema de captação de água é em torno de 1,7 a 2,1 m/s. Informações técnicas a respeito do comportamento das turbinas fabricadas pela *Lucid Energy* estão apresentadas no quadro 7.

Quadro 7 - Dados técnicos do LPPS					
Diâmetro da tubulação (mm)	Potência (kW)	Vazão para potencial nominal (m³/s)	Pressão manométrica para rendimento nominal (m.c.a.)	Pressão extraída em funcionamento (m.c.a)	Pressão extraída em sistema inoperante (m.c.a.)
600	14	1	33,77	3,66	0,84
1000	50	3,5	30,25	4,15	0,85
1500	100	5,6	30,25	3,52	0,84

Fonte: LUCID ENERGY

A pressão também é um fator que necessita de atenção quando estudada as condições de operação do LPPS. Inicialmente devemos levar em conta que quando adicionada uma barreira física em uma tubulação a pressão do fluido no interior da mesma será reduzida. Pensando nisso, as turbinas, que neste caso serão a barreira física no interior da tubulação, foram projetadas a fim de extrair o mínimo de pressão possível para não prejudicar a operação da rede onde o sistema foi instalado. Foram realizados vários testes até o desenvolvimento de um *design* de uma turbina esférica que resulta em interferência mínima na pressão da água no interior da linha. A interferência da instalação das turbinas em relação a pressão no interior da tubulação pode ser observada no quadro 7.

O *LucidPipe™ Power System* também aceita integração com um sistema de aquisição e supervisão de dados (SCADA), permitindo com que variáveis importantes do processo, como velocidade da água e pressão sejam monitorados em tempo real e assim manobras com o intuito de otimizar a geração de eletricidade sejam realizadas.

A figura 8 ilustra a turbina do LPPS no interior de uma seção do sistema de adução e a figura 9 mostra em detalhes o design diferenciado da LPPS.

Figura 8 – Turbina LPPS no interior de adutora



Fonte: LUCID ENERGY

Figura 9 – Design da turbina LPPS no interior de adutora



Fonte: LUCID ENERGY

As figuras 10 e 11 ilustram o trecho da tubulação adaptada com as turbinas e geradores do sistema LPPS instalados em seu interior.

Figura 10 – Vista externa do LPPS

Fonte: LUCID ENERGY

A figura 10 é a vista da estrutura externa da adutora com a adaptação para geração de energia elétrica. Na extremidade esquerda da figura nota-se que existe uma turbina com seu gerador logo acima (estrutura sobre a adutora). Da mesma forma, apesar de não estar aparecendo explicitamente na foto, ao centro também existe uma turbina uma vez que possui a estrutura para alocação do gerador.

Figura 11 – Instalação de Turbina LPPS

Fonte: LUCID ENERGY

A figura 11 retrata a operação de substituição de uma tubulação convencional por um trecho de linha com o *LucidPipe™ Power System* instalado.

Na figura 12 é ilustrado o detalhe do gerador que esta interconectado diretamente com uma turbina no interior da adutora.

Figura 12 – Detalhe do gerador acoplado na turbina



Fonte: LUCID ENERGY

4.3. PROJETOS

A primeira utilização do *LucidPipe™ Power System* foi um teste piloto realizado na cidade de Riverside no estado da Califórnia nos Estados Unidos em fevereiro de 2011. O sistema consiste de uma única turbina, instalada em uma adutora de água com 42" de diâmetro de propriedade da *Western Municipal Water District* (WMWD), companhia responsável pelo abastecimento de água da região de Riverside que gera aproximadamente 20 MWh que são utilizados para fornecimento de energia elétrica na rede pública de iluminação. Em outubro de 2011, a instalação do sistema em Riverside, foi premiado pela *American Water Works Association* dos estados da Califórnia e Nevada com o prêmio '*Outstanding Energy Management Award*' que concede a premiação para as melhores inovações no que tange o gerenciamento de energia.

Entre março de 2011 e outubro deste mesmo ano, essa turbina gerou 23 MWh de energia elétrica. Nesta instalação teste, constatou-se que a operação do sistema de água da WMWD não foi afetada pela instalação da turbina, uma vez que um valor inferior a 1 PSI de pressão foi perdido com a inserção desta no interior da tubulação. Os resultados obtidos em Riverside foram recebidos com otimismo pela Lucid Energy que desenvolveu novos projetos para instalação do *LucidPipe™ Power System*.

Após os bons resultados da turbina instalada em Riverside, a instalação do LPPS foi anunciada na cidade de Portland no noroeste dos Estados Unidos em dezembro de 2014. O projeto foi anunciado pela companhia de distribuição de água, Portland Water Bureau (PWB) em conjunto com a companhia de energia elétrica da cidade, Portland General Electric (PGE) a qual comprará a energia gerada pelo sistema.

O sistema consiste de quatro turbinas instaladas em uma adutora de 42" com capacidade de gerar uma média de 1,1 GWh por ano. Um contrato de venda de energia para a PGE foi assinado pelo período de 20 anos, e irá gerar um valor estimado de 2 milhões de dólares em energia renovável neste período. O valor será dividido entre a cidade de Portland e a PWB, com o objetivo de reduzir custos operacionais na distribuição de água da cidade.

Um terceiro projeto está sendo desenvolvido pela empresa Cadiz a fim de atender as necessidades de fornecimento de energia elétrica em um local remoto de operação da empresa *Arizona & California Railroad Company* (ARZC) o qual não é atendido pela rede de energia elétrica. Um aqueduto está sendo construído conectando a cidade de Cadiz no estado da Califórnia até o rio Colorado, trajeto que atravessará as proximidades da cidade de Rice também na Califórnia e onde a instalação da ARZC esta localizada.

O aqueduto ainda está em fase de construção. Quando concluído e instalado o LPPS a previsão é que seja gerado 1300 MWh por ano, que serão utilizados para alimentar cargas de iluminação, refrigeração e aquecimento da ARZC.

Além de projetos desenvolvidos na rede de captação e distribuição de água, existe também um estudo desenvolvido pela cidade de Toronto no Canadá, para utilização das turbinas da Lucid Pipe na rede de esgoto da cidade. Segundo os estudos foram localizados até 3239 pontos que comportariam a instalação do equipamento.

4.4. COMPARATIVO COM GERAÇÃO EÓLICA E SOLAR

O cientista Marco Casini (2015) da Universidade La Sapienza de Roma, desenvolveu um estudo divulgando essa nova forma de geração de energia elétrica no interior do sistema de adução, e em sua pesquisa desenvolveu uma comparação de geração entre painel fotovoltaico, turbina eólica e as turbinas LPPS. Para esta comparação ele utilizou os dados do *LucidPipe™ Power System* com 600mm de diâmetro (modelo utilizado no estudo deste trabalho), painéis fotovoltaicos modelo 'Perform Mono 250' da fabricante Schott e turbina eólica do fabricante UGE, modelo '4K GT'.

Os dados técnicos dos equipamentos comparados são os seguintes:

Quadro 8 – Dados técnicos da turbina eólica analisada na comparação					
Fabricante	Modelo	Potência kW (m/s)	Produtividade kWh (m/s)	Área ocupada	Velocidade min. Vento
UGE	4K GT	4.0 (12)	10.000 (7)	13,8 m ²	3,5 m/s

Fonte: (CASINI, 2015)

Quadro 9 – Dados técnicos do painel solar analisado na comparação						
Fabricante	Modelo	Potência painel (W)	Eficiência do módulo	Tipo de célula	Células por módulo	Dimensões módulo
Schott	Perform Mono 250	250	14,90%	Silício Monocristalino	60	993 x 1685 mm

Fonte: (CASINI, 2015)

Quadro 10 – Comparação entre as fontes de geração				
Sistema	Potência	Área/potência	Número de elementos para suprir a mesma potência	Área necessária para geração da mesma potência
Lucidpipe Power systems (600 mm)	14 kW	10 m ²	1 turbina	10 m ²
UGE 4K GT	4 kW	25 m ² /kW	4 turbinas	400 m ²
Schott Solar Perform Mono 250	250 W	7 m ² /kW	56 painéis	98 m ²

Fonte: (CASINI, 2015)

Os resultados encontrados por Casini (2015), mostram o quão eficiente a LPPS é quando levado em consideração a potência gerada pela área ocupada. Para uma turbina instalada no interior de uma adutora, seriam necessárias 4 turbinas

eólicas para suprir a mesma quantidade de energia, e ocuparia uma área 40 vezes maior devido a necessidade de espaçamento entre um aerogerador e outro. No caso dos painéis fotovoltaicos, devido a sua baixa eficiência, precisaríamos de uma área de quase 10 vezes maior. No entanto esta diferença é ainda mais significativa, pois no interior de um único trecho de adução podemos instalar de 3 a 4 LPPS.

5. ESTUDO DO SISTEMA APLICADO À REDE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DOS PONTOS SELECIONADOS NA COMPANHIA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ANALISADA

Para que o estudo fosse realizado, dados de adutoras da rede de captação e distribuição de água da concessionária de abastecimento analisada, foram obtidos com o auxílio da equipe da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa. Foram fornecidos dados de dois pontos que atendiam o requisito mínimo do diâmetro da tubulação de 600 mm. Foram selecionadas adutoras de gravidade, pois para adutoras de recalque, o uso de motores com inversores de frequência fazem o ajuste para a vazão e pressão ideal para cada instante de operação, não trazendo benefícios a instalação das turbinas LPPS, uma vez que não existe energia excedente nesses casos.

Após a coleta de dados junto a empresa, constatou-se que a rede de adutoras desta companhia difere das redes de captação de abastecimentos de outras cidades mundiais no que diz respeito a bitola da tubulação. Em cidades como Portland nos Estados Unidos, onde a *Lucid Energy* surgiu e instalou quatro turbinas em um trecho da rede de adução do município, o fornecimento de água para cidade é realizado por ao menos uma adutora de 42" ou 1000 mm, enquanto que Boston, cidade em que cogitou a instalação do sistema de turbinas possui uma alimentação de água através de uma adutora de 108" ou 2700 mm.

Portland que recebeu o primeiro trecho de adutoras com as turbinas instaladas possui aproximadamente 600.000 habitantes enquanto que sua região metropolitana aproximadamente 2.300.000 habitantes, ao passo que, a cidade brasileira onde os pontos aptos a receber a LPPS foram localizados, possui aproximadamente 2.000.000 de habitantes e sua região metropolitana em torno de 3.500.000 pessoas. Apesar de em número de habitantes a cidade brasileira ter um número consideravelmente superior frente a Portland, nota-se que a maior adutora encontrada no município possui bitola de 24", ou 600 mm. Assim percebe-se que os sistemas das duas cidades diferem no modo de entrega de água aos usuários finais. A americana utilizando menos adutoras porém com um diâmetro maior, enquanto que a brasileira, utiliza um grande número de adutoras, porém com bitolas reduzidas.

Este cenário não era esperado no início da pesquisa, pois acreditou-se localizar pontos na rede da companhia de abastecimento analisada onde as bitolas pudessem aproximar-se daquelas encontradas nas redes das cidades americanas. Isto interferiu negativamente nos resultados obtidos. No entanto, mesmo com o cenário encontrado sendo desfavorável, continuou-se a pesquisa a fim de verificar o real potencial de geração de energia elétrica através destas adutoras e potenciais otimizações no sistema para tornar a geração de energia elétrica viável.

No tópico a seguir são apresentados os resultados obtidos para cada trecho onde a equipe da concessionária disponibilizou dados para o estudo.

5.1. PONTOS DE ESTUDO

5.1.1. Campo do Santana

A adutora Campo do Santana, foi identificada junto a equipe da companhia como um ponto de adução onde a tubulação é de 600 mm de diâmetro, o que atende a dimensão mínima requerida pela turbina projetada pela *Lucid Energy*. Para este trecho a equipe da concessionária forneceu dados de vazão e pressão da água registrada por um medidor de vazão em intervalos de 30 minutos por um período de dezesseis dias, compreendidos entre 01/04/2018 e 16/04/2018.

Outro fator que é importante para obtenção da quantidade de energia gerada pela LPPS é a velocidade da água. Com os dados fornecidos podemos calcular a velocidade que a água está percorrendo a tubulação usando a seguinte equação:

$$v = \frac{Q_w}{3600\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Em que:

V [m/s] – velocidade da água

Q_w [m³/h] – Vazão da água

d [m] – Diâmetro interno do tubo

A partir da fórmula acima, a velocidade da água na tubulação para cada período de medição pode ser obtido para cálculo da potência gerada na instalação de uma LPPS no interior da tubulação.

O quadro 11 apresenta dados fornecidas pela companhia de abastecimento estudada, com a informação da velocidade da água obtida matematicamente e adicionada posteriormente pelo autor. O quadro completo encontra-se no apêndice A.

Quadro 11 – Trecho das informações obtidas com a companhia de saneamento estudada.			
Período do dia	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Pressão (m.c.a)
1/4/18 12:30 AM	210,1045	0,206414665	22,99272728
1/4/18 1:00 AM	211,3079	0,207596856	22,75845146
1/4/18 1:30 AM	214,1241	0,21036359	22,52417374
1/4/18 2:00 AM	213,0423	0,209300802	22,28989792
1/4/18 2:30 AM	213,4496	0,209700936	22,0556221
1/4/18 3:00 AM	213,3575	0,209610527	21,82134628
1/4/18 3:30 AM	228,0075	0,224003221	21,51327896
1/4/18 4:00 AM	229,0774	0,225054347	21,16596031
1/4/18 4:30 AM	228,9167	0,224896404	20,81864357
1/4/18 5:00 AM	228,9951	0,224973487	20,47132683
1/4/18 5:30 AM	213,0818	0,209339658	20,6098423
1/4/18 6:00 AM	212,0403	0,208316415	20,83260345
1/4/18 6:30 AM	210,2493	0,206556898	20,93000031
1/4/18 7:00 AM	212,6843	0,208949087	20,93000031
1/4/18 7:30 AM	211,3	0,207589136	21,85956383
1/4/18 8:00 AM	336,7636	0,330849371	19,37000084
1/4/18 8:30 AM	391,0737	0,384205632	22,62000084
1/4/18 9:00 AM	297,5	0,292275281	17,93951035
1/4/18 9:30 AM	298,1523	0,292916079	17,69182587
1/4/18 10:00 AM	298,1556	0,292919376	17,47105408
1/4/18 10:30 AM	298,5609	0,293317532	17,26906776
1/4/18 11:00 AM	298,8257	0,293577683	17,06390762
1/4/18 11:30 AM	302,75	0,29743308	16,64216423
1/4/18 12:00 PM	290,3082	0,285209781	16,24848175
1/4/18 12:30 PM	291,0078	0,28589714	15,9455843
1/4/18 1:00 PM	292,5068	0,287369748	15,70404434
1/4/18 1:30 PM	291,6	0,286478903	15,53649616
1/4/18 2:00 PM	294,633	0,289458597	15,36894703
1/4/18 2:30 PM	296,5051	0,29129788	15,29342556

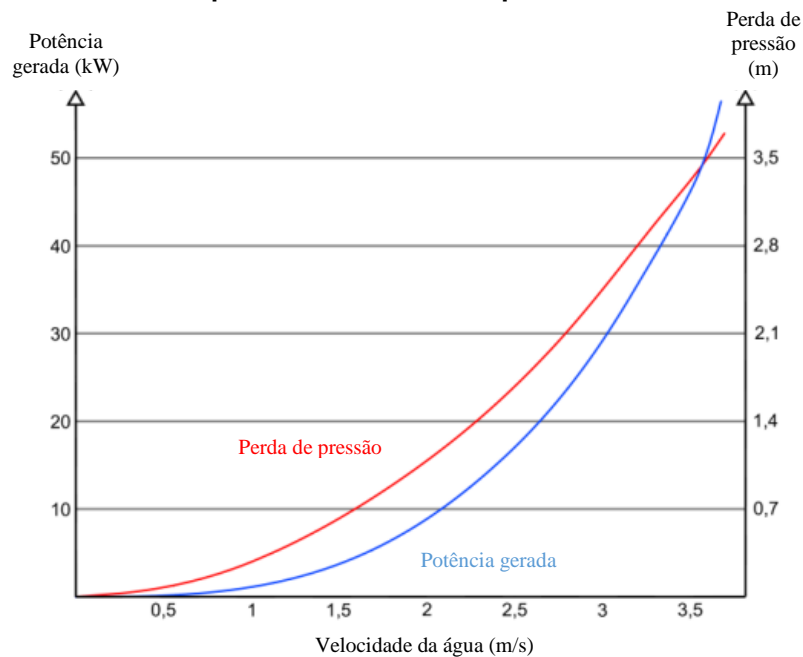
1/4/18 3:00 PM	296,8909	0,291676878	15,35063934
1/4/18 3:30 PM	295,9459	0,290748497	15,40785217
1/4/18 4:00 PM	297,6427	0,292415475	15,465065
1/4/18 4:30 PM	309,0207	0,303593615	15,52227783
1/4/18 5:00 PM	308,2304	0,302817211	15,57949066
1/4/18 5:30 PM	306,5852	0,301200961	15,63670349
1/4/18 6:00 PM	305,3919	0,30002862	15,69391632
1/4/18 6:30 PM	306,2731	0,300894309	15,75112915
1/4/18 7:00 PM	305,2067	0,299846601	15,80834198
1/4/18 7:30 PM	324,8607	0,319155458	16,64811516
1/4/18 8:00 PM	323,4909	0,317809733	17,14453316
1/4/18 8:30 PM	322,1071	0,316450276	17,38670349
1/4/18 9:00 PM	312,1764	0,306693925	17,01678085
1/4/18 9:30 PM	312,7328	0,30724058	16,64685822
1/4/18 10:00 PM	300,8752	0,295591159	16,77769852
1/4/18 10:30 PM	289,65	0,284563168	16,98117065
1/4/18 11:00 PM	289,6056	0,284519544	17,18464279
1/4/18 11:30 PM	286,3333	0,281304704	17,38811493

Fonte: Próprio autor, 2018

Para o cálculo da potência gerada, foi necessária a obtenção do comportamento das turbinas LPPS. Como a turbina utilizada para este estudo, com diâmetro de 24" (600 mm) nunca foi utilizada na prática, a *Lucid Energy* não possui um gráfico de comportamento do equipamento. No entanto, a empresa possui o comportamento da turbina de 42" (1000 mm), a qual já foi instalada e está em plena operação em Portland, Estados Unidos.

Como foi visto no quadro 6, as turbinas possuem um comportamento de geração bastante diferente no que diz respeito a potência gerada e a bitola da adutora. No entanto, conforme o fabricante, o comportamento de geração versus a velocidade da água se assemelham entre os diferentes produtos, ou seja, as turbinas, independentemente de seu tamanho, começam a entregar potência quando a velocidade da água é aproximadamente 15% da velocidade necessária para obtenção da potência máxima do equipamento, que no caso da turbina de 42" é aproximadamente 0,5 m/s e na de 24" 0,15 m/s, como pode ser calculado a partir dos valores da terceira coluna do quadro 7. Considerando essas informações e o gráfico de comportamento da turbina de 42" (1000 mm) apresentado na figura 13, matematicamente é possível descrever uma equação que aproxime a potência gerada para uma certa velocidade de água.

Gráfico 1 – Comportamento da turbina para adutora de 1000mm



Fonte: Adaptado de (CASINI, 2015)

Para encontrar-se a equação que fornecerá a quantidade de potência gerada pela turbina em cada momento utilizamos alguns artifícios matemáticos apresentados abaixo:

Como a turbina inicia a geração quando a velocidade da água é próxima a 15% da velocidade necessária para obtenção da potência nominal (1 m/s), obtém-se que a velocidade em que a turbina de 24" inicia sua geração é 0,15m/s. Assim considera-se que a esta velocidade a turbina geraria uma potência muito pequena. Para fins de cálculo, foi considerado o valor de 0,01 kW. Já para velocidade de 1 m/s tem-se que a potência gerada é 14 kW que é a máxima potência que o equipamento é capaz de gerar. Assim temos que:

O gráfico da figura 13 é do formato: $y = a^{(x-b)}$ (2)

$$\text{para } x = 0,15, y = 0,01$$

$$0,01 = a^{0,15-b}$$

$$\text{para } x = 1, y = 14$$

$$14 = a^{1-b}$$

$$\log_a 0,01 = 0,15 - b$$

$$b = 0,15 - \log_a 0,01 \quad (3)$$

$$\log_a 14 = 1 - b$$

$$b = 1 - \log_a 14 \quad (4)$$

$$0,15 - \log_a 0,01 = 1 - \log_a 14$$

$$\log_a 14 - \log_a 0,01 = 1 - 0,15$$

$$\log_a \frac{14}{0,01} = 0,85$$

Passando de base a para base 10

$$0,85 = \frac{\log 1400}{\log a}$$

$$\log a = \frac{\log 1400}{0,85}$$

$$\log a = 3,701327$$

$$a = 10^{3,701327}$$

Logo o valor de a é:

$$a = 5027,210851$$

Substituindo em (3)

$$b = 1 - \log_{5027,210851} 14$$

Passando para base 10

$$b = 1 - \frac{\log 14}{\log 5027,210851}$$

$$b = 1 - 0,30965327$$

$$b = 0,6903467$$

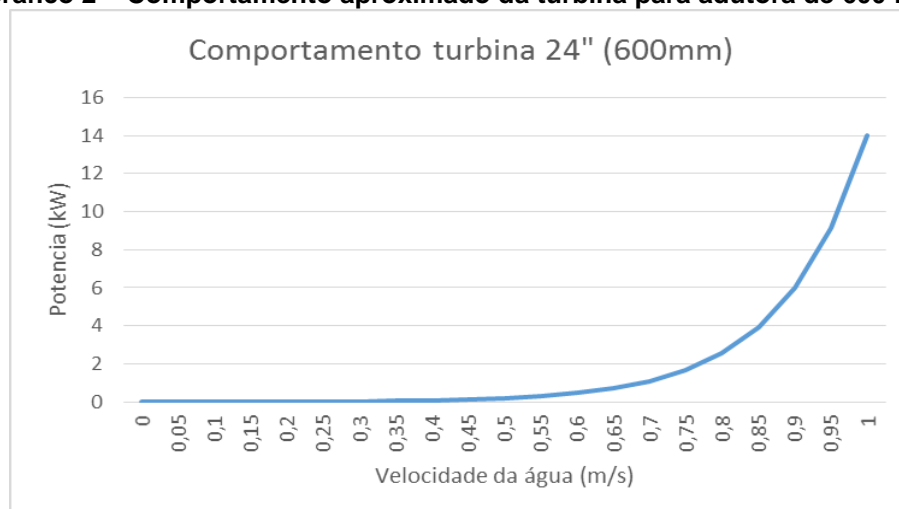
Substituindo o valor de b em (2), temos:

$$y = 5027,210851^{(x-0,6903467)} \quad (4)$$

Aplicando a equação 4 para valores em intervalo de 0,05 apresentados no quadro abaixo, é possível verificar o comportamento da turbina de 24". O quadro a seguir e seu respectivo gráfico apresentam a potência gerada de acordo com a velocidade da água. Assim é possível ver com mais clareza a importância desta relação para um resultado satisfatório:

Quadro 12 – Potência gerada conforme velocidade da água no interior da adutora de 600 mm	
Velocidade da água (m/s)	Potência gerada (kW)
0,05	0,004264493
0,1	0,006530309
0,15	0,010000003
0,2	0,015313218
0,25	0,023449459
0,3	0,035908658
0,35	0,054987698
0,4	0,084203839
0,45	0,128943141
0,5	0,197453393
0,55	0,302364608
0,6	0,463017399
0,65	0,709028457
0,7	1,085750457
0,75	1,662632923
0,8	2,546025394
0,85	3,8987832
0,9	5,970290193
0,95	9,142433206
1	14,00000372

Fonte: Próprio autor, 2018

Gráfico 2 – Comportamento aproximado da turbina para adutora de 600 mm

Fonte: Próprio autor, 2018

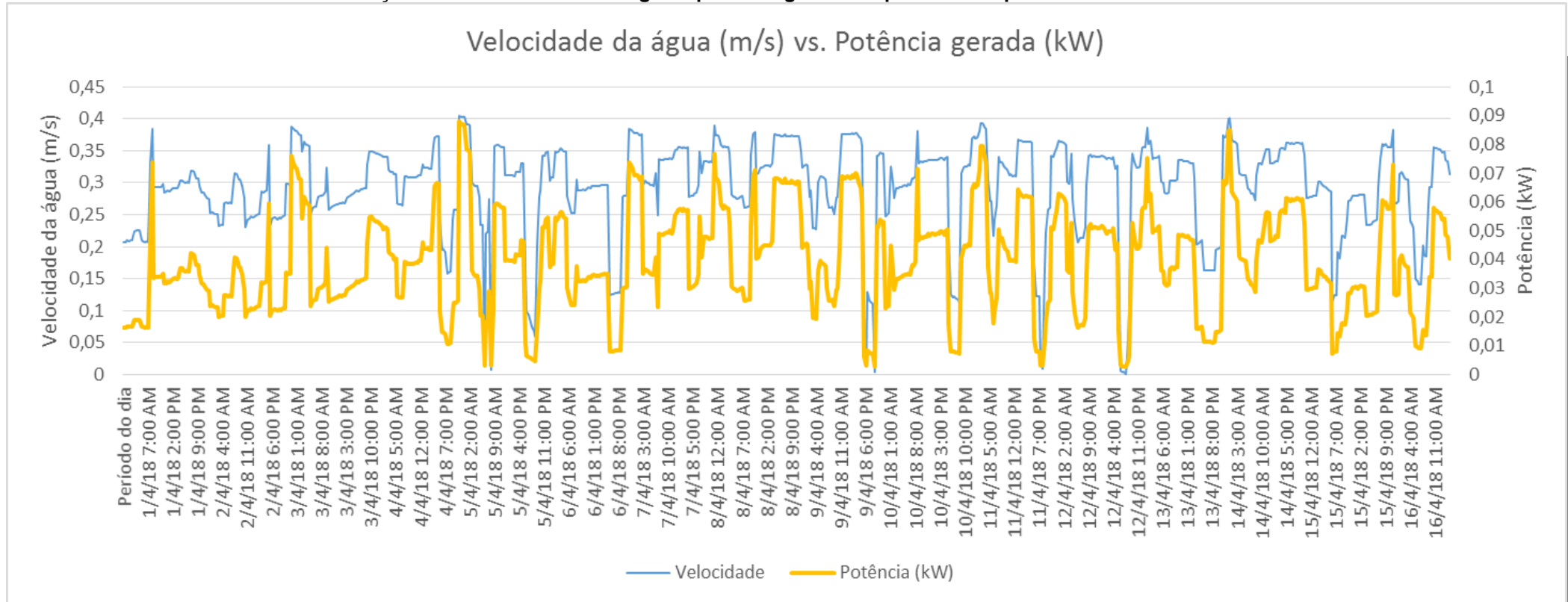
Como mencionado anteriormente, a equação para obtenção da potência é aproximada, razão pela qual, embora muito pequenos, apareceram valores superiores a zero para velocidades inferiores a 0,15 m/s. Uma análise do gráfico 2 mostra o quanto maior é o desempenho do equipamento para velocidades mais elevadas e a importância de uma velocidade nominal de 1 m/s para que se obtenha resultados significativos de potência gerada.

O gráfico 1, apresenta também o comportamento da perda de pressão conforme a velocidade da água aumenta. No entanto, uma vez que esta adutora abastece um reservatório e não consumidores finais, este estudo não se preocupou com esta variável, uma vez que o importante para o reservatório é a quantidade de água que ele terá, importando somente o volume de água que chegará até ele. No entanto, para o estudo em adutoras que distribuam água para ramais que atenderão diretamente o consumidor final, a pressão é sim um fator importantíssimo e que deve ser considerado, pois por norma a pressão mínima de fornecimento de água é de 10 m.c.a.

Usando equação 4, podemos encontrar a potência gerada pela turbina de hora em hora. Para tal cálculo, foram considerados que a velocidade média da água é constante durante os períodos de 30 minutos medidos.

A figura 15 na página seguinte, apresenta a relação entre velocidade de água fluindo sobre a adutora na cor azul, e na cor amarela, a potência gerada pela turbina caso ela estivesse instalada e gerando energia nas condições atuais de operação da adutora.

Gráfico 3 – Relação entre a velocidade de água e potência gerada no período compreendido entre 01/04/2018 e 16/04/2018



Fonte: Próprio autor, 2018

Para o melhor entendimento da real geração desta turbina nas atuais condições de operação desta adutora, é mostrado no quadro 13 a potência que ela extrairia para cada dia analisado. Uma vez que os dados são limitados entre os dias 01/04/2018 a 15/04/2018, e para analisar de forma mais eficiente a capacidade de geração do equipamento é necessário fazer uma previsão de geração mensal e anual, as últimas linhas deste quadro apresentam uma previsão de geração no período de um mês e também no período de um ano, considerando que a média de potência gerada nesses quinze dias poderiam ser estendidos para os demais dias do ano.

Quadro 13 - Capacidade de geração diária e previsão de geração mensal e anual nas atuais condições de operação	
Período	Potência (kW)
01/04/2018	0,711679862
02/04/2018	0,664599294
03/04/2018	0,965148549
04/04/2018	0,934582236
05/04/2018	0,915206608
06/04/2018	0,816591911
07/04/2018	1,172486126
08/04/2018	1,249423009
09/04/2018	0,981731314
10/04/2018	0,892014841
11/04/2018	1,052689404
12/04/2018	0,92476502
13/04/2018	0,879249835
14/04/2018	1,243677393
15/04/2018	0,751835058
Média de geração diária	0,943712031
Potência gerada em 1 mês	28,31136092
Potência gerada em 1 ano	339,736331

Fonte: Próprio autor

A média de geração diária para uma turbina é de 0,9437 kW, devido a baixa vazão de água desta adutora no decorrer do dia. Conforme o quadro 7, que traz os dados técnicos das turbinas, cada unidade desta instalada no interior do sistema de adução resultaria em uma perda de carga de no máximo 3,66 m.c.a, situação que ocorreria na turbina operando em sua potência nominal. Os menores

valores de pressão para a adutora operando com uma vazão próxima a média de operação, que é de 297 L/s é da ordem de 13 m.c.a. Mesmo se tratando de uma adutora que alimenta um reservatório, não seria adequado reduzir a pressão a níveis inferiores a 10 m.c.a por motivos de segurança à qualidade da água, afim de evitar contaminação externa por impurezas através de potenciais fissuras. Sendo assim, não será considerada a possibilidade de instalação de mais de um equipamento no trecho para essas condições de operação, até mesmo porque a potência gerada neste caso está a níveis extremamente baixos, não sendo viável a adição de mais turbinas no mesmo trecho.

5.1.2. Colombo

A adutora Colombo também foi identificada como um ponto onde a bitola da tubulação é de 600 mm. No entanto os dados passados pela equipe da concessionária de saneamento não foram suficientes para uma apresentação de resultados concreta e uma posterior análise desses resultados.

As informações repassadas pela concessionária foram apenas a vazão média dessa adutora, e a pressão de operação. Como a média de vazão informada foi de apenas 60 L/s, não é possível realizar nenhuma análise do comportamento da turbina neste trecho, uma vez que a velocidade média da água seria 0.0589 m/s, não atingindo nem o mínimo requerido para iniciar a geração que é de 0,15 m/s.

Visto que a vazão média está relativamente baixa para uma adutora de 600mm, é possível que ela opere momentos de grande vazão e em outros interrompa sua operação ou funcione com volumes muito baixos. Caso este cenário fosse verdadeiro, poderíamos ter um cenário favorável à instalação da LPPS, pois os momentos de grande vazão poderiam gerar uma quantidade significativa de energia. No entanto como não podemos afirmar que esta é a situação real, por falta de dados, não poderemos tirar conclusões a respeito do sistema nesta adutora.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

Apesar do LPPS não se apresentar como uma alternativa viável para a rede da concessionária estudada na atual condição de operação, não podemos descartar a possibilidade de usá-lo como forma de geração de energia futuramente, na própria rede desta companhia, caso esta venha a sofrer modificações, como alteração no modo de operação ou redefinição do *layout* da rede de adução, que possam a vir beneficiar o cenário para o uso dessas turbinas. Além disso existe também a possibilidade de identificar pontos em concessionárias de água de outros estados onde o LPPS apresente um resultado interessante, similares aos encontrados nos locais onde o sistema já se apresenta instalado, principalmente nos Estados Unidos.

Neste capítulo serão apresentadas as análises financeiras de uma eventual instalação do LPPS na adutora Campo do Santana em suas atuais condições de operação e também será exibida uma alternativa para otimização de produção de energia e assim tornar a instalação do sistema viável economicamente. Uma vez que as bitolas das adutoras da companhia são majoritariamente inferiores a 600 mm, também são apresentados dois diferentes equipamentos desenvolvidos por outras empresas que visam a produção de energia elétrica através de adutoras de menor porte.

6.1. ANÁLISE FINANCEIRA NA OPERAÇÃO ATUAL

A cidade de Toronto no Canadá, realizou um estudo para instalação dessas turbinas em sua rede de esgoto, e o preço unitário da turbina foi cotado em 70.000 dólares americanos, valor este que será usado para a realização da análise financeira do projeto do presente estudo.

Outro importante fator para obtermos informações financeiras do projeto, é o tempo de operação desses equipamentos. Como é uma tecnologia relativamente nova, ainda não foram obtidos dados concretos da real vida útil do equipamento. No entanto a *Lucid Energy*, em sua instalação na cidade de Portland, estima que as

turbinas tem capacidade de gerar energia por pelo menos 20 anos, período este, que também será considerado para o cenário estudado neste trabalho.

O valor do quilowatt hora de R\$ 0,48 que é pago pela empresa analisada, foi extraído do trabalho de conclusão de curso desenvolvido por Silva, Garcete e Assis (2016).

Como mencionado no início, não serão considerados custos com obras civis e qualquer outra adequação do local para a instalação do equipamento, e sim, somente o valor do equipamento em si.

Nessas condições, o quadro abaixo apresenta o resultado financeiro da instalação de uma turbina LPPS no interior da adutora Campo do Santana:

Quadro 14 – Análise financeira Campo do Santana operação atual	
Custo do equipamento	U\$\$ 70.000 em valores de 30/04/18 (U\$\$ 1,00 = R\$ 3,50) -> R\$ 245.000
Potência gerada em um ano	339,736331 kW
Potência gerada em 20 anos	6.794,73 kW
Preço pago pelo kW pela companhia estudada	R\$0,48
Retorno financeiro após um ano	RS163,07
Retorno financeiro após vinte anos	R\$3.261,47
Saldo após 20 anos	-R\$241.738,53

Fonte: Próprio autor, 2018

Os dados financeiros expostos acima mostram que a turbina gera uma energia insignificante para que o investimento seja recuperado, não tornando viável a instalação deste equipamento.

6.2. ALTERNATIVAS PARA OTIMIZAÇÃO DE GERAÇÃO

Durante as análises foi verificado que embora a vazão de água na adutora Campo do Santana seja baixa no decorrer do dia, o volume diário total é suficiente para obtermos resultados mais interessantes em relação aos demonstrados no capítulo 5, item 5.1.1. Com os dados fornecidos pela companhia, temos que a vazão

média de operação desta tubulação é de aproximadamente 297L/s o que representa uma vazão média superior a 25 milhões de litros diariamente.

A figura 14 mostra que para esta turbina apresentar resultados mais significativos, ela deve operar muito próxima a sua velocidade nominal. Assim, uma alternativa que pode ser considerada, é a modificação do cenário de operação atual da adutora, que apresenta uma vazão relativamente constante durante o dia, para uma operação pontual, fazendo com que a turbina opere em sua capacidade máxima em alguns períodos do dia.

Dos dados da tabela fornecida pela empresa, também é possível calcular a vazão total diária no interior da adutora Campo do Santana multiplicando cada valor de vazão por 60 (pois cada minuto tem 60 segundos) e posteriormente multiplica-los por 30 (intervalo de medição). Com isso, teremos a vazão aproximada por hora. Com a vazão de cada hora somada durante o período de 24 horas, temos a vazão total diária. Estes valores foram calculados, considerando que os valores pontuais fornecidos representam a média de volume naquele intervalo de tempo. Os valores de vazão diária e a média diária considerando os dados dos 15 dias analisados, estão apresentados no quadro a seguir:

Quadro 15 – Vazão diária da adutora Campo do Santana (L)	
Dia	Vazão por dia (L)
01/04/2018	23.437.980,78
02/04/2018	23.394.285,13
03/04/2018	26.806.813,99
04/04/2018	26.155.301,03
05/04/2018	23.850.347,03
06/04/2018	24.425.532,38
07/04/2018	29.164.027,45
08/04/2018	29.653.171,44
09/04/2018	25.269.808,30
10/04/2018	25.388.703,70
11/04/2018	26.174.955,13
12/04/2018	24.419.228,82
13/04/2018	24.951.033,30
14/04/2018	29.817.483,51
15/04/2018	23.775.145,19
Vazão Média diária (L)	25.778.921,14

Fonte: Próprio autor, 2018

Analisando os dados, é possível constatar que o volume de água diário é bastante significativo, e o mesmo alimenta um reservatório, ou seja, desde que haja possibilidade física do reservatório e técnica da adutora, podemos concentrar a adução em algumas horas do dia, o que resultaria em um grande volume de água na tubulação em um espaço de tempo reduzido, resultando no aumento da velocidade da água em seu interior e conseqüentemente da potência gerada pela turbina.

Para que a operação nominal da turbina seja alcançada, é necessário um fluxo de 1000 litros de água por segundo, ou seja, 3.600.000 litros de água por hora, valor que seria equivalente a água fluindo a 1m/s no interior da tubulação. Fazendo a divisão da vazão diária encontrada para cada dia por esse valor, temos a quantidade de horas que a turbina poderia funcionar gerando sua capacidade máxima de 14 kW. O tempo para cada um dos dias e também a média que será posteriormente utilizada para análise financeira estão representados no quadro a seguir:

Quadro 16 – Período que a LPPS poderia operar em sua capacidade nominal diariamente		
Dia	Vazão por dia (L)	Horas necessárias para vazão (h)
01/04/2018	23.437.980,78	6,51
02/04/2018	23.394.285,13	6,50
03/04/2018	26.806.813,99	7,45
04/04/2018	26.155.301,03	7,27
05/04/2018	23.850.347,03	6,63
06/04/2018	24.425.532,38	6,78
07/04/2018	29.164.027,45	8,10
08/04/2018	29.653.171,44	8,24
09/04/2018	25.269.808,30	7,02
10/04/2018	25.388.703,70	7,05
11/04/2018	26.174.955,13	7,27
12/04/2018	24.419.228,82	6,78
13/04/2018	24.951.033,30	6,93
14/04/2018	29.817.483,51	8,28
15/04/2018	23.775.145,19	6,60
Média diária	25.778.921,14	7,16

Fonte: Próprio autor, 2018

No cenário do quadro 16, com uma vazão elevada, teríamos também um aumento da pressão da água, o que permitiria a instalação de mais de uma unidade geradora no interior da tubulação, resultando em um aumento considerável na

potência gerada. De acordo com o fabricante, quando operando em sua capacidade nominal a adutora comportaria 4 turbinas em série, com um espaçamento de 4 vezes seu diâmetro, para que a geração das turbinas subsequentes não fosse alterada pelas turbinas anteriores. O quadro 17 apresenta os resultados de geração caso o cenário de operação atual da adutora pudesse sofrer modificações para que a operação descrita neste item se tornasse possível:

Quadro 17 – Potência gerada pela LPPS no cenário otimizado					
Dia	Período de vazão a 1000 L/s (h)	Potencia Gerada (kW) - uma turbina diariamente	Potencia Gerada (kW) - duas turbinas diariamente	Potencia Gerada (kW) - três turbinas diariamente	Potencia Gerada (kW) - quatro turbinas diariamente
01/04	6,51	91,15	182,30	273,44	364,59
02/04	6,50	90,98	181,96	272,93	363,91
03/04	7,45	104,25	208,50	312,75	416,99
04/04	7,27	101,72	203,43	305,15	406,86
05/04	6,63	92,75	185,50	278,25	371,01
06/04	6,78	94,99	189,98	284,96	379,95
07/04	8,10	113,42	226,83	340,25	453,66
08/04	8,24	115,32	230,64	345,95	461,27
09/04	7,02	98,27	196,54	294,81	393,09
10/04	7,05	98,73	197,47	296,20	394,94
11/04	7,27	101,79	203,58	305,37	407,17
12/04	6,78	94,96	189,93	284,89	379,85
13/04	6,93	97,03	194,06	291,10	388,13
14/04	8,28	115,96	231,91	347,87	463,83
15/04	6,60	92,46	184,92	277,38	369,84
Média diária	7,16	100,25	200,50	300,75	401,01

Fonte: Próprio autor, 2018

Para que este nível de geração torne-se possível, é necessário um estudo da capacidade de modificar a operação do sistema, e eventualmente realizar-se obras de adequação para que a operação proposta seja implantada. Esses resultados apresentam somente uma situação hipotética que não foi estudada a fundo em termos de viabilidade técnica da instalação hidráulica.

6.3. ANÁLISE FINANCEIRA OPERAÇÃO OTIMIZADA

Uma análise financeira do cenário com operação otimizada proposto no item anterior é apresentado no quadro 18:

Quadro 18 – Análise financeira Campo do Santana operação otimizada				
Custo do equipamento	Uma turbina: U\$\$ 70.000 em valores de 30/04 (U\$\$ 1,00 = R\$ 3,50) -> R\$ 245.000	Duas turbinas: U\$\$ 140.000 em valores de 30/04 (U\$\$ 1,00 = R\$ 3,50) -> R\$ 490.000	Três turbinas: U\$\$ 210.000 em valores de 30/04 (U\$\$ 1,00 = R\$ 3,50) -> R\$ 735.000	Quatro turbinas: U\$\$ 270.000 em valores de 30/04 (U\$\$ 1,00 = R\$ 3,50) -> R\$ 980.000
Potência gerada em um ano (kW)	36.090,49	72.180,98	108.271,47	144.361,96
Potência gerada em 20 anos (kW)	721.809,8	1.443.619,6	2.165.429,4	2.887.239,2
Preço pago pelo kW pela companhia de saneamento	R\$0,48	R\$0,48	R\$0,48	R\$0,48
Retorno financeiro após um ano (R\$)	17.323,44	34.675,74	52.013,61	69.351,49
Retorno financeiro após vinte anos (R\$)	R\$346.468,70	R\$693.514,86	R\$1.040.272,28	R\$1.387.029,71
Saldo após 20 anos (R\$)	R\$101.468,70	R\$203.514,86	R\$305.272,28	R\$407.029,71
Payback (anos)	14,14	14,13	14,13	14,13

Fonte: Próprio autor, 2018

O quadro 18 mostra a viabilidade de instalação do sistema em uma eventual possibilidade de adaptação da operação. Em apenas algumas horas diárias de operação nos parâmetros nominais da turbina, transforma-se significativamente a potência gerada pelo equipamento, sem alterar a quantidade de água diária da adutora.

Vale ressaltar que os valores de kWh pago pela concessionária e cotação da moeda estrangeira são extremamente flutuantes, ou seja, os valores obtidos podem variar para mais ou para menos dependendo do momento analisado. Além disso, nesta análise foi considerado o *payback* simples, não levando em consideração

potenciais rendimentos que o valor investido pudesse dar à companhia de saneamento caso fosse aplicado de outra forma.

6.4. MEIOS ALTERNATIVOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE DA COMPANHIA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ESTUDADA

Em tempos onde a energia tem se tornado cada vez mais importante, não podemos nem devemos ignorar toda esta energia no interior dessas tubulações que esta sendo desperdiçada diariamente, ano após ano. Adutoras, independentemente de seu tamanho armazenam um potencial significativo que poderia ser usado para alimentação de equipamentos das próprias concessionárias de água. De acordo com a também americana HydroCoil® Power, Inc., fabricante da turbina helicoidal HydroCoil® Turbine, somente na região nordeste dos Estados Unidos até 10000 MW de potencial energético no interior de adutoras é até o momento inexplorado. Por esse motivo, alternativas potencialmente mais viáveis para a empresa de saneamento objeto de estudo serão brevemente discutidas na sequência, com o intuito de dar uma visão genérica do potencial de geração de cada uma delas e também como incentivo e sugestão para futuros trabalhos no tema, aprofundarem as pesquisas de potencialidade desses equipamentos.

6.4.1. Hydrocoil® Turbine

A HydroCoil Power, Inc. desenvolveu uma turbina helicoidal chamada HydroCoil® Turbine, apresentada na figura 16, que pode ser utilizada para geração de eletricidade em tubulações de médio porte, entre 6" e 12" (150 a 300 mm). Para a de menor bitola, a empresa afirma que tem o potencial de gerar 17520 kWh por ano, enquanto que a maior teria potencial de geração de até 70000 kWh no mesmo período. A empresa afirma que a vida útil dessas turbinas é de até oito anos, e que por se tratar de um equipamento simples, é possível realizar a manutenção do equipamento com certa facilidade, estendendo seu período de operação. Em termos

de custo, por se tratar de um equipamento bem menos complexo que a LPPS, a HydroCoil® Turbine tem um *payback* mais curto.

Apesar de serem equipamentos para aplicações em cenários distintos, quando comparada com a LPPS, o design da HydroCoil Power, Inc. apresenta desvantagem no que tange a perda de carga na linha, por se tratar de um equipamento que ocupa toda a área de passagem da água como é visível na figura 17. Assim, recomenda-se que seja instalada em trechos onde existe a necessidade de uma grande redução de pressão na linha.

Figura 13 – HydroCoil® Turbine 6”



Fonte: HydroCoil Power, Inc.

Figura 14 – Detalhe HydroCoil® Turbine 6”



Fonte: HydroCoil Power, Inc.

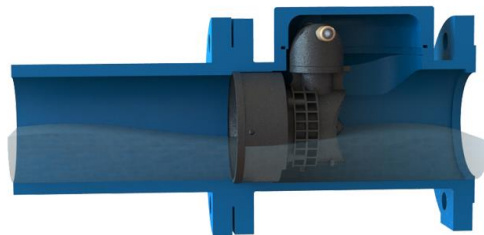
6.4.2. Hydrospin

Uma outra alternativa para aproveitamento do potencial energético das adutoras da companhia são as turbinas Hydrospin. Essas turbinas foram desenvolvidas em Israel e tem como característica produção de energia elétrica em tubulações de pequenas dimensões. Suas turbinas foram criadas para aplicações em tubulações entre 3 e 8" (80 a 200mm), e por gerar pouca energia, tem por finalidade alimentar instrumentos e sensores conectados nas proximidades, ao mesmo tempo que contribui para a redução de pressão na linha, descartando a necessidade de instalação de uma válvula redutora de pressão, ou aumentando a vida útil da mesma.

O fabricante possui em seu portfólio 4 modelos, duas delas capaz de gerar 10 W e outras duas 20 W, que são capazes de operar mesmo em cenários onde a vazão de água é bem baixa.

Similarmente ao LPPS, um trecho da linha por onde a água flui, é adaptado para receber a turbina em seu interior, com mostra a figura 18. Já na figura 19, é possível ver a simplicidade da turbina, o que resulta em um baixo custo do equipamento.

Figura 15 – Esquemático da Turbina Hydrospin no interior da tubulação



Fonte: Hydrospin

Figura 16 – Detalhe Hydrospin



Fonte: Hydrospin

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. CONCLUSÃO

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de analisar um sistema de geração de energia elétrica relativamente novo no mercado, visando a propagação da tecnologia e incentivando novos estudos a respeito do tema, para que o potencial inutilizado das águas fluindo nas adutoras, principalmente nas de grande porte possam ser melhor aproveitados.

Apesar do tema já abordado em trabalhos anteriores, a energia no interior das adutoras tem estudos limitados no que tange geração em tubulações de diâmetro mais elevado, uma vez que a maioria das turbinas disponíveis no mercado e técnicas de geração são desenvolvidas para sistemas de menor bitola.

O LPPS vem apresentando resultados interessantes mundo afora, no entanto, na concessionária de distribuição de água no estado do Paraná, local escolhido para um estudo aprofundado do sistema, apresenta um sistema de adução que não é muito favorável à implantação do sistema. Diferentemente de cidades americanas, as adutoras da companhia avaliada não são de grande diâmetro, sendo encontrado pontos onde o máximo diâmetro é de 24" (600 mm), valor mínimo requerido para instalação do sistema. Foram localizado apenas dois pontos no estado que atendiam a exigência mínima de diâmetro, o que limitou uma análise mais extensa do potencial das turbinas para diferentes cenários.

Com os dados informados pela companhia de saneamento, foi possível a análise de apenas um ponto, Campo do Santana, que em sua atual operação apresentou resultados de geração de energia elétrica em níveis baixíssimos. Contudo, foi verificado que numa possível alteração no modo que a adutora é operada, os resultados obtidos poderiam ser otimizados, gerando cem vezes mais energia. Embora tenha a capacidade de fornecer ainda mais potência visto que a média de operação neste cenário alterado é de aproximadamente sete horas por dia, os resultados já foram suficientemente bons para que o dinheiro investido na aquisição do sistema fosse recuperado.

Mais importante que os resultados obtidos, este trabalho contribuiu para a divulgação e conscientização do potencial energético não aproveitado no interior das grandes adutoras e assim contribuir como uma nova fonte de geração renovável que coopere de forma significativa a nível nacional e mundial na matriz energética no futuro. Apesar de ser uma tecnologia ainda cara, com a disseminação do interesse em colocá-la em prática, por parte de várias cidades mundiais, os custos tendem a cair e assim tornar esse cenário possível.

7.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar de o trabalho em questão não ter apresentado resultados muito otimistas para a instalação do sistema de turbinas na rede da empresa em questão, devido as características do sistema de adução da concessionária não atenderem requisitos para produção de energia em um nível significativo, aplicações bem sucedidas em outras localidades provam que o sistema é sim viável no que diz respeito geração de energia elétrica. Além disso a busca por novas maneiras de geração de eletricidade aliada ao grande potencial energético desperdiçados nas adutoras mundo afora, sugere-se a partir deste trabalho que as seguintes pesquisas sejam realizadas a fim de desenvolver e propagar mais a respeito deste tema:

- Estudo da instalação *LucidPipe™ Power System* em redes de concessionárias de saneamento em outros estados brasileiros, onde a rede de adução apresente parâmetros mais adequados para a instalação do sistema.
- Estudo das turbinas Hydrocoil ® Turbine e Hydrospin na rede de captação e distribuição de água de companhias de abastecimento no Brasil.
- Realizar um estudo do potencial energético desperdiçado na rede de adução de concessionárias brasileiras.
- Estudo de viabilidade de modificação do sistema de operação das adutoras para adapta-las a condições onde a geração de energia atinja níveis viáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABESA). **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas para o Efetivo Combate**. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas_resumo.pdf. Acesso em 06 out. 2017

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**:. Brasília, DF, 2005. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/01-Introducao\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/01-Introducao(3).pdf). Acesso em: 10 set. 2016

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **BIG – Banco de Informações de Geração**:. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> Acesso em: 10 set. 2016

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA [2]. **Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica**:. Brasília, DF, 2016. Disponível em: http://media.wix.com/ugd/49a661_e44be5e3376941f6be69e0248e407e7b.pdf: 10 set. 2016

AESBE, **SEMINÁRIO DE GESTÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013, Brasília. Anais Eletrônicos Brasília: AESBE, 2013. Disponível em: <http://www.aesbe.org.br/conteudo/8105>. Acesso em: 09 abr.2016.**

CASINI, Marco. **Harvesting energy from in-pipe hydro systems at urban and building scale**. International Journal Of Smart Grid And Clean Energy. Roma, p. 316-327. 15 set. 2015.

ECHOA ENGENHARIA. **Saneamento e a cadeia de responsabilidades – Abastecimento de Água**:. disponível em: <http://echoaengenharia.com.br/saneamento-e-a-cadeia-de-responsabilidades-abastecimento-de-agua/> acesso em: 30 set. 2016

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**: Ano base 2012. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2016

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015**: Ano base 2014. Rio de Janeiro, RJ, 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%202015.pdf> Acesso em: 10 abr. 2016

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas)**. 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-mensal-de-energia-eletrica-por-classe-regioes-e-subsistemas>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Demanda de Energia 2050**: Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-14%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook 2013**: Washington D.C. 2013. Disponível em: [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf) Acesso em: 04 abr. 2016.

GOMES, Heber Pimentel. **Sistemas de Abastecimento de Água – Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. 3ªed. Editora Universitária UFPB, João Pessoa, PB. 2009.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P. R. A. **Guia Prático para Pesquisa e Combate a Vazamentos não Visíveis**. Brasília, DF: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCD, Ministério das Cidades, 2005.

HYDROCOIL Ž TURBINE. **HydroCoil ® Turbine - Low Head Micro-Hydro Power Generation**. 2018. Disponível em: <http://www.hydrocoilpower.com/>. Acesso em: 02 abr. 2018.

HYDROSPIN. Disponível em: <http://www.h-spin.com/>. Acesso em: 02 abr. 2018.

LUCID ENERGY [1] (Portland, EUA). **Portland Water Bureau Conduit 3 Hydroelectric Project**.: Disponível em: http://www.lucidenergy.com/wp-content/uploads/2015/06/Lucid-Energy-PDX-Fact-Sheet_06-06-2015_FINAL.pdf Acesso em: 07 abr. 2016

LUCID ENERGY [2] (Portland, EUA). **Cadiz Water Project / Arizona & California Railroad**: Disponível em: <http://www.lucidenergy.com/wp-content/uploads/2015/06/Lucid-Energy-Cadiz-FAQ-Fact-Sheet-FINAL.pdf> Acesso em: 07 abr. 2016

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – Sc**. 2007 Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf Acessado em 08 out. 2017

PORTAL BRASIL. **Sistema Interligado Nacional atende 98% do mercado brasileiro**

Disponível em <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistema-interligado-nacional-atende-98-do-mercado-brasileiro>. Acesso em: 14 out. 2016.

POSSETI, Gustavo. **Eficiência Energética na Sanepar**. Disponível em <http://www.aesbe.org.br/up/files/SANEPAR%20-%20Gustavo%20Possetti.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2016.

Serviço Autônomo de Água e Esgoto. (SAAE). **Adução**: Sorocaba, SP, sem data. Disponível em: http://saaesorocaba.com.br/site/?page_id=178. Acesso em 03 nov. 2016.

SANEPAR [1]. **Premio Sanepar de Tecnologias Sustentáveis: Eficiência Energética no Saneamento**: Curitiba, PR, 2016. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/conteudo/premio-sanepar>. Acesso em 19 abr. 2016.

SANEPAR [2]. **Relatório Anual de Administração e Demonstrações Contábeis**: Ano base 2015. Curitiba, PR, 2016. Disponível em: http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/investidores_rel_ian_dfp_itr/ian-dfp-itr/rel_Relat%C3%B3rios%20Trimestrais2016-03-23.pdf. Acesso em 02 abr. 2016.

SANEPAR [3]. **Sanepar em números**: Curitiba, PR, 2016. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/sanepar-em-numeros>. Acesso em 02 abr. 2016

SANEPAR [4]. **DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA - SAA**: Curitiba, PR. Disponível em: https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mps-manual-de-projetos-de-saneamento/Modulo_10_4_-_Diretrizes_Simulacao_Hidraulica_-_SAA.pdf. Acesso em 05 out. 2017

SILVA, Bruno Leonardo Alves da. **Levantamento de potencial energético e estudo da viabilidade econômica da geração hidroelétrica utilizando a rede pública de distribuição de água – Estudo de caso: sistema de abastecimento de água de Pato Branco**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/274/1/PB_PPGEE_M_Silva%2c%20Bruno%20Leonard%20Alves%20da_2012.pdf. Acesso em: 01 abr. 2016.

SILVA, Lucas Araujo da; GARCETE, Manuel Enrique Helmfelt; ASSIS, Matheus Gabriel de. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema piloto de microgeração hidroenergética na rede de abastecimento de água de Curitiba**. 2016. 129f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Industrial Elétrica – ênfase em Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SOUZA, Alexandre do Nascimento; JACOBI, Pedro Roberto. **Expansão da Matriz Hidrelétrica no Brasil: as Hidrelétricas da Amazônia e a perspectiva de mais Conflitos Socioambientais**. Disponível em <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT17-601-577-20100903225428.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

SOUZA, Alexandre do Nascimento; JACOBI, Pedro Roberto. **Expansão da Matriz Hidrelétrica no Brasil: um desafio de Governança**. Disponível em <http://www.kas.de/wf/doc/15611-1442-5-30.pdf> Acesso em: 30 out. 2016.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2014**: Ano base 2014. Brasília, DF, 2016.
Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2014/Diagnostico_AE2014.zip.
Acesso em 05 abr. 2016.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. Departamento de Engenharia Hidráulica de Sanitária da USP, 3° ed. São Paulo, SP.2006.

**APÊNDICE A – Quadro com informações técnicas da adutora Campo do
Santana**

Os dados de vazão e pressão foram fornecidos por uma companhia de saneamento brasileira, enquanto que a velocidade da água e a potência gerada foram calculadas conforme explicado no corpo do trabalho.

Período do dia	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Pressão (m.c.a)	Potencia operação atual (kW)
01-abr-18 00:30:00	210,104538	0,206414665	22,99272728	0,016173695
01-abr-18 01:00:00	211,3078613	0,207596856	22,75845146	0,016337474
01-abr-18 01:30:00	214,124054	0,21036359	22,52417374	0,016727287
01-abr-18 02:00:00	213,0422668	0,209300802	22,28989792	0,01657646
01-abr-18 02:30:00	213,4495544	0,209700936	22,0556221	0,016633085
01-abr-18 03:00:00	213,3575287	0,209610527	21,82134628	0,016620274
01-abr-18 03:30:00	228,0075073	0,224003221	21,51327896	0,018789285
01-abr-18 04:00:00	229,0774231	0,225054347	21,16596031	0,018958362
01-abr-18 04:30:00	228,9166565	0,224896404	20,81864357	0,018932859
01-abr-18 05:00:00	228,9951172	0,224973487	20,47132683	0,018945301
01-abr-18 05:30:00	213,0818176	0,209339658	20,6098423	0,01658195
01-abr-18 06:00:00	212,0402832	0,208316415	20,83260345	0,016437972
01-abr-18 06:30:00	210,2493134	0,206556898	20,93000031	0,016193312
01-abr-18 07:00:00	212,6842651	0,208949087	20,93000031	0,016526846
01-abr-18 07:30:00	211,3000031	0,207589136	21,85956383	0,016336399
01-abr-18 08:00:00	336,7636414	0,330849371	19,37000084	0,046707088
01-abr-18 08:30:00	391,0737	0,384205632	22,62000084	0,073598976
01-abr-18 09:00:00	297,5	0,292275281	17,93951035	0,033620756
01-abr-18 09:30:00	298,1522522	0,292916079	17,69182587	0,03380487
01-abr-18 10:00:00	298,1556091	0,292919376	17,47105408	0,03380582
01-abr-18 10:30:00	298,5608826	0,293317532	17,26906776	0,033920729
01-abr-18 11:00:00	298,8256836	0,293577683	17,06390762	0,033996021
01-abr-18 11:30:00	302,75	0,29743308	16,64216423	0,03513162
01-abr-18 12:00:00	290,308197	0,285209781	16,24848175	0,031655979
01-abr-18 12:30:00	291,007843	0,28589714	15,9455843	0,031841967
01-abr-18 13:00:00	292,5067749	0,287369748	15,70404434	0,032244117
01-abr-18 13:30:00	291,6000061	0,286478903	15,53649616	0,032000236
01-abr-18 14:00:00	294,6329651	0,289458597	15,36894703	0,032823282
01-abr-18 14:30:00	296,505127	0,29129788	15,29342556	0,033341857
01-abr-18 15:00:00	296,8908997	0,291676878	15,35063934	0,033449727
01-abr-18 15:30:00	295,9459229	0,290748497	15,40785217	0,033186109
01-abr-18 16:00:00	297,6427002	0,292415475	15,465065	0,03366095
01-abr-18 16:30:00	309,0206604	0,303593615	15,52227783	0,037025448
01-abr-18 17:00:00	308,2303772	0,302817211	15,57949066	0,03678126
01-abr-18 17:30:00	306,5852356	0,301200961	15,63670349	0,036278083
01-abr-18 18:00:00	305,3919373	0,30002862	15,69391632	0,035917418
01-abr-18 18:30:00	306,2731018	0,300894309	15,75112915	0,036183395
01-abr-18 19:00:00	305,206665	0,299846601	15,80834198	0,035861744

01-abr-18 19:30:00	324,8606873	0,319155458	16,64811516	0,042276575
01-abr-18 20:00:00	323,4909058	0,317809733	17,14453316	0,04179447
01-abr-18 20:30:00	322,1071472	0,316450276	17,38670349	0,041313028
01-abr-18 21:00:00	312,1763916	0,306693925	17,01678085	0,038016802
01-abr-18 21:30:00	312,7328186	0,30724058	16,64685822	0,038194333
01-abr-18 22:00:00	300,8751526	0,295591159	16,77769852	0,03458443
01-abr-18 22:30:00	289,6500244	0,284563168	16,98117065	0,031482007
01-abr-18 23:00:00	289,6056213	0,284519544	17,18464279	0,031470305
01-abr-18 23:30:00	286,333313	0,281304704	17,38811493	0,03061976
02-abr-18 00:00:00	281,2841797	0,276344244	17,70709991	0,029352256
02-abr-18 00:30:00	280,0250244	0,275107203	18,06562424	0,029044426
02-abr-18 01:00:00	256,25	0,251749717	21,13999939	0,023801762
02-abr-18 01:30:00	258,0522766	0,253520342	21,13999939	0,024163663
02-abr-18 02:00:00	256,2681885	0,251767586	21,13999939	0,023805387
02-abr-18 02:30:00	254,8323364	0,250356951	21,13999939	0,023520904
02-abr-18 03:00:00	254,6000061	0,2501287	21,13999939	0,023475194
02-abr-18 03:30:00	236,4308929	0,232278675	24,27000046	0,020162315
02-abr-18 04:00:00	237,7246246	0,233549686	24,27000046	0,020381908
02-abr-18 04:30:00	237,7388153	0,233563627	24,27000046	0,02038433
02-abr-18 05:00:00	272,9644165	0,268170594	28,65780258	0,027377144
02-abr-18 05:30:00	274,1090698	0,269295144	28,88022995	0,027640791
02-abr-18 06:00:00	272,7806091	0,267990014	29,10265541	0,027335042
02-abr-18 06:30:00	273,7217712	0,268914648	29,32508278	0,027551302
02-abr-18 07:00:00	272,571106	0,26778419	29,54751015	0,027287134
02-abr-18 07:30:00	308,5	0,303082098	34,83410263	0,036864389
02-abr-18 08:00:00	320,107666	0,31448591	34,56993484	0,040627142
02-abr-18 08:30:00	319,3926392	0,31378344	34,14226913	0,040384639
02-abr-18 09:00:00	309,5909119	0,304153852	33,69696045	0,037202656
02-abr-18 09:30:00	310,0370789	0,304592183	33,05621719	0,037341895
02-abr-18 10:00:00	300,5249634	0,29524712	32,45000076	0,034483173
02-abr-18 10:30:00	281,713501	0,276766026	29,94000053	0,029457958
02-abr-18 11:00:00	235,3230743	0,231190312	24,97993279	0,01997616
02-abr-18 11:30:00	247,3885345	0,243043877	25,27505302	0,022099678
02-abr-18 12:00:00	248,9733429	0,244600853	25,05408859	0,022394884
02-abr-18 12:30:00	251,5345764	0,247117106	24,83071327	0,02288033
02-abr-18 13:00:00	249,667511	0,24528283	24,53218651	0,022525427
02-abr-18 13:30:00	252,6333313	0,248196565	24,24853134	0,023091796
02-abr-18 14:00:00	253,9500122	0,249490122	24,01692963	0,02334778
02-abr-18 14:30:00	255,2250061	0,250742724	23,785326	0,023598364
02-abr-18 15:00:00	256	0,251504108	23,72999954	0,023751991
02-abr-18 15:30:00	291,6864929	0,286563871	27,87728119	0,032023417
02-abr-18 16:00:00	290,3111267	0,28521266	27,61729813	0,031656755
02-abr-18 16:30:00	291,4068298	0,28628912	27,42000008	0,031948519
02-abr-18 17:00:00	292,6000061	0,287461341	27,42000008	0,032269297
02-abr-18 17:30:00	365,5685425	0,359148399	18,40999985	0,059446563

02-abr-18 18:00:00	237,1000061	0,232936037	21,23588181	0,020275591
02-abr-18 18:30:00	248,4516754	0,244088347	20,8205452	0,022297279
02-abr-18 19:00:00	249,6585541	0,245274031	20,99576378	0,022523738
02-abr-18 19:30:00	250,6186371	0,246217253	21,17098236	0,02270553
02-abr-18 20:00:00	247,5090942	0,24316232	21,34620094	0,022121997
02-abr-18 20:30:00	249,3249969	0,244946331	21,52141953	0,02246092
02-abr-18 21:00:00	248,8898926	0,244518868	21,6966362	0,022379242
02-abr-18 21:30:00	251,3782654	0,24696354	23,75163078	0,022850405
02-abr-18 22:00:00	252,7267151	0,248288308	23,56999969	0,023109859
02-abr-18 22:30:00	304,1227417	0,298781714	28,24398041	0,035537748
02-abr-18 23:00:00	303,0534973	0,297731248	27,41875267	0,035221008
02-abr-18 23:30:00	302,502533	0,297189959	26,59352493	0,035058901
03-abr-18 00:00:00	394,7658997	0,387832989	19,22760963	0,075909793
03-abr-18 00:30:00	390,4795532	0,38362192	19,38461304	0,073233748
03-abr-18 01:00:00	388,3427734	0,381522667	19,54161644	0,071935164
03-abr-18 01:30:00	387,584259	0,380777473	19,80814934	0,071479751
03-abr-18 02:00:00	381,9688721	0,375260704	20,1778183	0,068196748
03-abr-18 02:30:00	381,4545593	0,374755424	20,38864326	0,067903703
03-abr-18 03:00:00	354,9388123	0,348705348	20,22886658	0,054384308
03-abr-18 03:30:00	369,9249878	0,363428336	21,11131859	0,061654985
03-abr-18 04:00:00	367,6015015	0,361145655	21,43231392	0,060467115
03-abr-18 04:30:00	365,5414734	0,359121805	21,77547455	0,059433091
03-abr-18 05:00:00	363,8999939	0,357509153	21,38944817	0,058621829
03-abr-18 05:30:00	255,6373901	0,251147866	18,48652267	0,023679987
03-abr-18 06:00:00	265,524292	0,260861133	18,8903389	0,0257237
03-abr-18 06:30:00	266,4988708	0,261818596	19,14223671	0,025934466
03-abr-18 07:00:00	266,5527344	0,261871514	19,39413261	0,025946165
03-abr-18 07:30:00	282,9753113	0,278005676	19,63723373	0,029770834
03-abr-18 08:00:00	284,7528076	0,279751956	19,8040123	0,030217223
03-abr-18 08:30:00	284,8777771	0,279874731	19,97079086	0,030248858
03-abr-18 09:00:00	286,8256531	0,281788398	20,13756943	0,030746245
03-abr-18 09:30:00	292	0,286871873	20,30434799	0,032107588
03-abr-18 10:00:00	330	0,324204514	22,69087601	0,044135495
03-abr-18 10:30:00	262,8099976	0,258194507	19,98355675	0,02514568
03-abr-18 11:00:00	266,1178589	0,261444276	19,69962883	0,025851862
03-abr-18 11:30:00	266,4725037	0,261792692	19,45071411	0,025928741
03-abr-18 12:00:00	268,5121765	0,263796544	19,22382355	0,026375357
03-abr-18 12:30:00	270,7279053	0,26597336	19,02799034	0,026869245
03-abr-18 13:00:00	270,3279114	0,265580391	18,88592911	0,026779407
03-abr-18 13:30:00	272,8876343	0,26809516	18,74386787	0,027359549
03-abr-18 14:00:00	272,567749	0,267780892	18,60180473	0,027286368
03-abr-18 14:30:00	274,2835999	0,269466609	18,7662487	0,027681213
03-abr-18 15:00:00	273,0794373	0,268283594	19,01911163	0,027403522
03-abr-18 15:30:00	281,2733459	0,276333601	18,87374878	0,029349594
03-abr-18 16:00:00	283,5016785	0,278522799	18,54701424	0,02990233

03-abr-18 16:30:00	284,5888367	0,279590865	18,34145927	0,030175765
03-abr-18 17:00:00	285,7269592	0,280709	18,13590622	0,030464698
03-abr-18 17:30:00	287,8241272	0,282769337	17,98521233	0,031004366
03-abr-18 18:00:00	290,769989	0,285663463	17,8502903	0,031778615
03-abr-18 18:30:00	293,529541	0,288374552	17,71537018	0,032521427
03-abr-18 19:00:00	291,838562	0,28671327	17,58045006	0,032064218
03-abr-18 19:30:00	294,0411377	0,288877164	17,39824867	0,032661034
03-abr-18 20:00:00	294,6567993	0,289482013	17,21588707	0,032829833
03-abr-18 20:30:00	295,7470093	0,290553077	17,06999969	0,033130884
03-abr-18 21:00:00	296,9136353	0,291699214	17,06999969	0,033456096
03-abr-18 21:30:00	333,8851318	0,328021414	18,99760056	0,04559483
03-abr-18 22:00:00	355,4920654	0,349248885	15,90435982	0,05463682
03-abr-18 22:30:00	355,8272705	0,349578204	15,99785233	0,054790382
03-abr-18 23:00:00	354,3780518	0,348154436	16,09134483	0,05412956
03-abr-18 23:30:00	352,7460022	0,346551049	16,18483543	0,053394908
04-abr-18 00:00:00	352,3505859	0,346162577	16,27832794	0,05321842
04-abr-18 00:30:00	351,6862793	0,345509937	16,37182045	0,05292323
04-abr-18 01:00:00	350,7477417	0,344587882	16,61866379	0,052508972
04-abr-18 01:30:00	349,0576172	0,342927439	16,90293694	0,051771134
04-abr-18 02:00:00	345,7528076	0,339680669	17,23332787	0,050358214
04-abr-18 02:30:00	347,3363647	0,341236416	17,59082413	0,051030361
04-abr-18 03:00:00	346,0646973	0,339987081	17,95048714	0,050489893
04-abr-18 03:30:00	325,2294312	0,319517726	17,4737072	0,042407304
04-abr-18 04:00:00	323,1497192	0,317474538	17,81456566	0,041675245
04-abr-18 04:30:00	321,9372559	0,316283368	18,19278145	0,041254303
04-abr-18 05:00:00	318,2820129	0,312692319	18,59148788	0,040010834
04-abr-18 05:30:00	319,3595276	0,31375091	18,97446823	0,040373444
04-abr-18 06:00:00	271,7992554	0,267025895	17,17610168	0,027111356
04-abr-18 06:30:00	270,2727356	0,265526184	17,40999985	0,026767038
04-abr-18 07:00:00	270,5656738	0,265813978	17,40999985	0,026832771
04-abr-18 07:30:00	269,4866028	0,264753858	17,40999985	0,026591429
04-abr-18 08:00:00	315,841156	0,310294328	19,71692276	0,039201425
04-abr-18 08:30:00	314,7819214	0,309253696	19,91731453	0,038855288
04-abr-18 09:00:00	313,7399902	0,308230063	20,11770821	0,038517788
04-abr-18 09:30:00	313,6613464	0,308152801	20,24764061	0,038492433
04-abr-18 10:00:00	313,2893677	0,307787355	20,31741905	0,038372733
04-abr-18 10:30:00	314,0436401	0,308528381	20,38719749	0,038615842
04-abr-18 11:00:00	314,3404541	0,308819982	20,45697403	0,03871193
04-abr-18 11:30:00	314,7286987	0,309201408	20,52675247	0,038837977
04-abr-18 12:00:00	316,5061035	0,310947598	20,59653091	0,039420291
04-abr-18 12:30:00	316,6678772	0,311106531	20,66630936	0,039473722
04-abr-18 13:00:00	334,7022095	0,328824143	21,07048607	0,04590783
04-abr-18 13:30:00	328,9359436	0,323159144	21,85000038	0,043744026
04-abr-18 14:00:00	328,8200684	0,323045304	21,85000038	0,043701605
04-abr-18 14:30:00	329,8883362	0,324094811	21,85000038	0,04409425

04-abr-18 15:00:00	328,0137024	0,3222531	21,85000038	0,043407541
04-abr-18 15:30:00	328,2625122	0,32249754	21,85000038	0,043498065
04-abr-18 16:00:00	365,1000061	0,358688091	24,20244789	0,059213809
04-abr-18 16:30:00	377,4039307	0,370775933	24,84000015	0,065639318
04-abr-18 17:00:00	378,9610901	0,372305745	24,84000015	0,066500727
04-abr-18 17:30:00	378,6582031	0,372008178	24,84000015	0,066332291
04-abr-18 18:00:00	246,2337036	0,241909328	17,59043884	0,021887018
04-abr-18 18:30:00	198,2890625	0,194806694	23,5658741	0,014650227
04-abr-18 19:00:00	200,4089966	0,196889398	23,17131996	0,014912591
04-abr-18 19:30:00	194,1799927	0,190769788	22,79999924	0,014154758
04-abr-18 20:00:00	160,9597931	0,158133004	26,71579742	0,010717735
04-abr-18 20:30:00	161,4909058	0,15865479	27,32474518	0,010765503
04-abr-18 21:00:00	163,3897095	0,160520246	27,93369293	0,010938027
04-abr-18 21:30:00	246,1000061	0,241777978	25,43152618	0,021862531
04-abr-18 22:00:00	261,6300659	0,257035298	25,1904335	0,024898476
04-abr-18 22:30:00	261,3195496	0,256730235	24,95999908	0,024833826
04-abr-18 23:00:00	264,6961365	0,260047522	24,95999908	0,025545946
04-abr-18 23:30:00	412,6000061	0,405353892	21,75	0,088134997
05-abr-18 00:00:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
05-abr-18 00:30:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
05-abr-18 01:00:00	410,088623	0,402886614	22,32999992	0,086301072
05-abr-18 01:30:00	398,7194214	0,391717079	22,10939217	0,078464659
05-abr-18 02:00:00	397,9752808	0,390986007	22,47999954	0,077977293
05-abr-18 02:30:00	396,5235291	0,389559751	22,47999954	0,077035182
05-abr-18 03:00:00	305,6646118	0,300296505	18,28808403	0,035999515
05-abr-18 03:30:00	301,3136292	0,296021935	18,63232803	0,034711634
05-abr-18 04:00:00	300,4775085	0,295200499	18,96860313	0,034469474
05-abr-18 04:30:00	300,2232971	0,294950752	19,24234009	0,034396184
05-abr-18 05:00:00	282,3733521	0,277414289	18,65285492	0,029621161
05-abr-18 05:30:00	237,7342682	0,23355916	17,7798233	0,020383554
05-abr-18 06:00:00	237,6950073	0,233520589	18,35446358	0,020376854
05-abr-18 06:30:00	11,60000038	0,01139628	41,77283478	0,003068898
05-abr-18 07:00:00	223,6184845	0,219691279	17,63077545	0,01811133
05-abr-18 07:30:00	228,3311157	0,224321146	18,60751915	0,018840264
05-abr-18 08:00:00	280,1567078	0,275236573	19,60176468	0,029076467
05-abr-18 08:30:00	7,818644047	0,007681332	23,76408958	0,002973255
05-abr-18 09:00:00	252,4628448	0,248029072	17,85000038	0,023058857
05-abr-18 09:30:00	364,423584	0,358023548	22,48429871	0,058879391
05-abr-18 10:00:00	365,5918274	0,359171275	22,61948013	0,059458154
05-abr-18 10:30:00	365,1329651	0,358720471	22,75466156	0,059230152
05-abr-18 11:00:00	363,8746338	0,357484238	22,88984299	0,058609383
05-abr-18 11:30:00	362,7286377	0,356358368	23,02502632	0,058049694
05-abr-18 12:00:00	362,4436035	0,35607834	23,16020775	0,057911319
05-abr-18 12:30:00	316,8842468	0,3113191	28,01054764	0,0395453
05-abr-18 13:00:00	317,5304871	0,311953991	27,85130692	0,039759857

05-abr-18 13:30:00	316,6568298	0,311095677	27,6920681	0,039470071
05-abr-18 14:00:00	316,7727356	0,311209548	27,53282738	0,039508395
05-abr-18 14:30:00	317,2280884	0,311656903	27,52000046	0,039659314
05-abr-18 15:00:00	316,1052551	0,310553789	27,52000046	0,039288207
05-abr-18 15:30:00	323,1227112	0,317448004	28,11190224	0,041665822
05-abr-18 16:00:00	322,5333252	0,316868969	28,33812523	0,041460712
05-abr-18 16:30:00	322,5367737	0,316872357	28,71312523	0,041461909
05-abr-18 17:00:00	337,0704651	0,331150807	29,61000061	0,046827234
05-abr-18 17:30:00	336,1739197	0,330270006	29,61000061	0,046477031
05-abr-18 18:00:00	165,0786438	0,162179519	16,13029861	0,011093804
05-abr-18 18:30:00	100,959549	0,099186489	13,46274757	0,00648519
05-abr-18 19:00:00	94,8501358	0,09318437	12,72393608	0,00616179
05-abr-18 19:30:00	83,59664154	0,082128511	11,96357155	0,00560771
05-abr-18 20:00:00	76,8887558	0,075538429	11,3132515	0,005301436
05-abr-18 20:30:00	69,19471741	0,067979514	10,61969662	0,004970676
05-abr-18 21:00:00	61,20000076	0,060125201	10,30082798	0,004648835
05-abr-18 21:30:00	205,2111053	0,201607172	15,16078663	0,015524411
05-abr-18 22:00:00	283,5318298	0,278552421	20,76851845	0,02990988
05-abr-18 22:30:00	292,7540894	0,287612719	19,73261261	0,032310955
05-abr-18 23:00:00	347,6000061	0,341495427	17,79182053	0,051143133
05-abr-18 23:30:00	347,7409058	0,341633852	17,21821976	0,051203504
06-abr-18 00:00:00	354,0441589	0,347826407	17,38746643	0,053978444
06-abr-18 00:30:00	355,661377	0,349415223	17,55671501	0,05471433
06-abr-18 01:00:00	309,4272766	0,30399309	23,25968742	0,037151719
06-abr-18 01:30:00	313,1136475	0,307614721	23,82844353	0,038316317
06-abr-18 02:00:00	313,6022644	0,308094756	24,1521244	0,038473396
06-abr-18 02:30:00	355,2844543	0,34904492	28,63500023	0,054541926
06-abr-18 03:00:00	353,1363525	0,346934544	29,11074257	0,053569708
06-abr-18 03:30:00	355,2819519	0,349042462	29,51657867	0,054540784
06-abr-18 04:00:00	359,663147	0,353346714	30,24301147	0,056578681
06-abr-18 04:30:00	359,0877075	0,352781381	30,61385155	0,056306734
06-abr-18 05:00:00	355,5750122	0,349330375	31,02319908	0,054674779
06-abr-18 05:30:00	354,3999939	0,348175993	31,17000008	0,054139506
06-abr-18 06:00:00	283,980896	0,278993601	24,33094025	0,030022553
06-abr-18 06:30:00	270,7000122	0,265945957	22,9711113	0,02686297
06-abr-18 07:00:00	257,117157	0,252601645	23,15114212	0,023975207
06-abr-18 07:30:00	257,8381042	0,253309931	22,81108856	0,02412037
06-abr-18 08:00:00	257,7559204	0,25322919	22,4710331	0,024103778
06-abr-18 08:30:00	310,8285828	0,305369786	27,93000031	0,03759019
06-abr-18 09:00:00	292,8285828	0,287685904	26,13010025	0,032331115
06-abr-18 09:30:00	293,4451294	0,288291623	26,05690384	0,03249845
06-abr-18 10:00:00	292,9176941	0,28777345	25,98370552	0,032355247
06-abr-18 10:30:00	294,3627319	0,28919311	25,91050911	0,032749098
06-abr-18 11:00:00	293,2828064	0,28813215	25,83731079	0,032454311
06-abr-18 11:30:00	294,3999939	0,289229718	25,76411247	0,032759317

06-abr-18 12:00:00	298,2077026	0,292970555	25,69091606	0,033820569
06-abr-18 12:30:00	297,3012085	0,292079981	25,6119175	0,033564841
06-abr-18 13:00:00	299,9069214	0,294639932	25,50414658	0,034305189
06-abr-18 13:30:00	300,8381958	0,295554851	25,39637375	0,03457373
06-abr-18 14:00:00	299,5793152	0,294318079	25,28860283	0,034211218
06-abr-18 14:30:00	299,221344	0,293966395	25,18083191	0,034108831
06-abr-18 15:00:00	300,4454346	0,295168988	25,05298233	0,034460218
06-abr-18 15:30:00	301,7838745	0,296483922	24,89911079	0,034848575
06-abr-18 16:00:00	301,0774841	0,295789937	24,74523926	0,034643069
06-abr-18 16:30:00	302,4783936	0,297166244	24,59136963	0,035051816
06-abr-18 17:00:00	301,4582214	0,296163988	24,57999992	0,034753684
06-abr-18 17:30:00	302,0014954	0,296697721	24,57999992	0,034912132
06-abr-18 18:00:00	126,2375793	0,124020585	31,65582848	0,008013861
06-abr-18 18:30:00	127,5928268	0,125352031	31,36568451	0,008105315
06-abr-18 19:00:00	128,0309296	0,12578244	31,17000008	0,008135102
06-abr-18 19:30:00	128,747757	0,126486679	31,17000008	0,008184075
06-abr-18 20:00:00	128,7455292	0,12648449	31,17000008	0,008183923
06-abr-18 20:30:00	130,4222717	0,128131785	31,17000008	0,008299629
06-abr-18 21:00:00	130,1575317	0,127871695	31,17000008	0,008281252
06-abr-18 21:30:00	282,8210449	0,277854119	25,99728775	0,029732404
06-abr-18 22:00:00	284,2460632	0,279254111	25,69787025	0,030089284
06-abr-18 22:30:00	284,0589905	0,279070324	25,39845085	0,030042191
06-abr-18 23:00:00	285,4886475	0,280474873	25,09903336	0,03040397
06-abr-18 23:30:00	391,1564941	0,384286973	19,0961628	0,073650014
07-abr-18 00:00:00	389,2552185	0,382419087	19,27769279	0,072486842
07-abr-18 00:30:00	388,4741516	0,381651738	19,4592247	0,072014337
07-abr-18 01:00:00	383,9772644	0,377233825	19,63021088	0,069353252
07-abr-18 01:30:00	383,646637	0,376909004	19,7998333	0,069161525
07-abr-18 02:00:00	383,6363525	0,3768989	19,96945572	0,06915557
07-abr-18 02:30:00	381,5045471	0,374804534	20,22803307	0,067932129
07-abr-18 03:00:00	383,4750061	0,376740387	20,49886513	0,069062208
07-abr-18 03:30:00	302,1000061	0,296794502	16,79000092	0,03494094
07-abr-18 04:00:00	307,8082581	0,302402505	17,45695496	0,03665149
07-abr-18 04:30:00	305,6340942	0,300266524	17,74063873	0,035990317
07-abr-18 05:00:00	304,5701599	0,299221274	18,02438354	0,03567113
07-abr-18 05:30:00	302,0039368	0,296700119	18,30815506	0,034912845
07-abr-18 06:00:00	301,4048157	0,29611152	18,63677216	0,034738147
07-abr-18 06:30:00	300,6377869	0,295357962	19,16353035	0,034515763
07-abr-18 07:00:00	320,5407104	0,314911349	20,16102028	0,040774717
07-abr-18 07:30:00	254,1870575	0,249723004	18,68000031	0,023394166
07-abr-18 08:00:00	342,5536499	0,336537695	23,13954544	0,049027206
07-abr-18 08:30:00	341,8999939	0,335895519	23,06255531	0,048759612
07-abr-18 09:00:00	341,6007385	0,335601519	22,98556519	0,04863759
07-abr-18 09:30:00	342,4718933	0,336457375	22,90857506	0,048993656
07-abr-18 10:00:00	343,0389709	0,337014493	22,83158493	0,049226836

07-abr-18 10:30:00	343,5960388	0,337561778	22,7545948	0,049456981
07-abr-18 11:00:00	345,3528137	0,3392877	22,67760468	0,05018984
07-abr-18 11:30:00	342,3271179	0,336315142	22,75667953	0,048934302
07-abr-18 12:00:00	344,7693481	0,338714481	23,08859444	0,049945244
07-abr-18 12:30:00	357,3107605	0,35103564	22,99514771	0,055475188
07-abr-18 13:00:00	359,3266602	0,353016137	22,80514717	0,056419501
07-abr-18 13:30:00	361,2999878	0,354954809	22,61497116	0,05735944
07-abr-18 14:00:00	361,813324	0,355459129	22,41816711	0,057606509
07-abr-18 14:30:00	359,8910217	0,353570587	22,22136307	0,056686735
07-abr-18 15:00:00	362,196167	0,355835249	22,00884628	0,057791465
07-abr-18 15:30:00	360,4853821	0,354154509	21,77105522	0,056969543
07-abr-18 16:00:00	361,2200012	0,354876227	21,49954414	0,057321038
07-abr-18 16:30:00	283,1254883	0,278153216	16,84263802	0,029808292
07-abr-18 17:00:00	284,1238708	0,279134065	16,42493248	0,030058516
07-abr-18 17:30:00	285,3734436	0,280361692	16,07783318	0,030374657
07-abr-18 18:00:00	287,6368713	0,28258537	15,75832176	0,030955793
07-abr-18 18:30:00	289,9494324	0,284857317	15,48064423	0,031561029
07-abr-18 19:00:00	301,697052	0,296398624	15,81359768	0,034823251
07-abr-18 19:30:00	355,8964233	0,349646142	19,44732094	0,054822116
07-abr-18 20:00:00	320,3999939	0,314773104	25,78848267	0,040726704
07-abr-18 20:30:00	339,5769348	0,333613258	26,11755371	0,04782036
07-abr-18 21:00:00	339,5818176	0,333618055	26,35349655	0,047822315
07-abr-18 21:30:00	339,3216248	0,333362431	26,58943939	0,047718244
07-abr-18 22:00:00	338,1399841	0,332201543	26,82538223	0,047248456
07-abr-18 22:30:00	338,8769226	0,332925539	27,06132507	0,047540897
07-abr-18 23:00:00	338,384552	0,332441815	27,29726791	0,047345309
07-abr-18 23:30:00	396,1431885	0,38918609	19,50032616	0,076790249
08-abr-18 00:00:00	381,7427673	0,37503857	19,3728466	0,068067762
08-abr-18 00:30:00	381,3494263	0,374652137	19,44480133	0,067843955
08-abr-18 01:00:00	379,1966248	0,372537143	19,51675606	0,066632004
08-abr-18 01:30:00	365,1424561	0,358729795	19,58871078	0,05923486
08-abr-18 02:00:00	362,1263123	0,355766621	19,66066551	0,057757673
08-abr-18 02:30:00	364,3599854	0,357961066	19,73262024	0,058848046
08-abr-18 03:00:00	362,6318359	0,356263267	19,80457497	0,058002663
08-abr-18 03:30:00	361,7685547	0,355415146	19,82999992	0,057584919
08-abr-18 04:00:00	351,0977783	0,344931771	19,82999992	0,052663093
08-abr-18 04:30:00	286,5629578	0,281530316	16,96139336	0,030678692
08-abr-18 05:00:00	283,5335083	0,27855407	17,1640873	0,029910301
08-abr-18 05:30:00	283,0921326	0,278120446	17,36678123	0,029799968
08-abr-18 06:00:00	279,7200012	0,274807536	17,71995354	0,028970343
08-abr-18 06:30:00	281,0820313	0,276145646	18,10262489	0,029302617
08-abr-18 07:00:00	283,2644653	0,278289752	18,19000053	0,029842998
08-abr-18 07:30:00	284,8483276	0,279845799	18,19000053	0,0302414
08-abr-18 08:00:00	265,5625	0,26089867	18,19000053	0,02573193
08-abr-18 08:30:00	265,2495117	0,260591179	18,19000053	0,025664585

08-abr-18 09:00:00	267,701416	0,263000022	18,19000053	0,026196916
08-abr-18 09:30:00	266,730835	0,262046487	18,19000053	0,025984886
08-abr-18 10:00:00	349,8962097	0,343751305	22,20442963	0,052135923
08-abr-18 10:30:00	382,6078491	0,37588846	23,72999954	0,068562586
08-abr-18 11:00:00	386,8999939	0,380105225	23,72999954	0,071071392
08-abr-18 11:30:00	318,980011	0,313378059	28,41685867	0,040245354
08-abr-18 12:00:00	320,25	0,314625744	28,74831963	0,040675588
08-abr-18 12:30:00	328,6986389	0,322926007	28,7592144	0,043657195
08-abr-18 13:00:00	329,8065186	0,32401443	28,4618206	0,044064053
08-abr-18 13:30:00	331,4170532	0,32559668	28,30448341	0,044662278
08-abr-18 14:00:00	332,2315674	0,32639689	28,14714622	0,04496791
08-abr-18 14:30:00	332,1776733	0,326343942	27,89749146	0,044947623
08-abr-18 15:00:00	332,0865173	0,326254387	27,02079964	0,04491333
08-abr-18 15:30:00	331,4584351	0,325637336	27,60000038	0,044677755
08-abr-18 16:00:00	336,1625061	0,330258793	27,35625076	0,046472589
08-abr-18 16:30:00	382,0247192	0,375315571	20,45985413	0,068228644
08-abr-18 17:00:00	381,9770203	0,375268709	20,39343643	0,068201401
08-abr-18 17:30:00	381,8466492	0,375140628	20,32701874	0,068126993
08-abr-18 18:00:00	381,309082	0,374612501	20,26059914	0,067821041
08-abr-18 18:30:00	380,0175781	0,373343679	20,19418144	0,067091597
08-abr-18 19:00:00	379,1242371	0,372466027	20,12776375	0,066591631
08-abr-18 19:30:00	382,0587158	0,37534897	20,06134415	0,068248069
08-abr-18 20:00:00	379,035553	0,3723789	19,99492645	0,066542202
08-abr-18 20:30:00	379,3727417	0,372710167	19,92850876	0,066730333
08-abr-18 21:00:00	379,2954407	0,372634224	19,86208916	0,066687157
08-abr-18 21:30:00	380,6596985	0,373974522	19,79567146	0,067453282
08-abr-18 22:00:00	379,3923035	0,372729386	19,72925377	0,066741264
08-abr-18 22:30:00	378,8247986	0,372171847	19,66283417	0,066424882
08-abr-18 23:00:00	380,0181885	0,373344279	19,59641647	0,06709194
08-abr-18 23:30:00	379,5910034	0,372924596	19,52999687	0,066852394
09-abr-18 00:00:00	354,6036072	0,34837603	18,6829052	0,054231884
09-abr-18 00:30:00	329,7253723	0,323934709	18,07054329	0,044034125
09-abr-18 01:00:00	332,078186	0,326246202	18,19962883	0,044910197
09-abr-18 01:30:00	333,9822083	0,328116786	18,32871437	0,045631905
09-abr-18 02:00:00	332,9339294	0,327086917	18,45779991	0,045233138
09-abr-18 02:30:00	283,4434509	0,278465594	16,94719315	0,029887755
09-abr-18 03:00:00	292,7530212	0,287611669	17,44697571	0,032310666
09-abr-18 03:30:00	233,0842896	0,228990845	15,25397015	0,019605191
09-abr-18 04:00:00	233,0840912	0,22899065	15,46517372	0,019605158
09-abr-18 04:30:00	230,9711761	0,226914842	15,6763773	0,019261367
09-abr-18 05:00:00	306,1903992	0,300813059	18,56391525	0,036158348
09-abr-18 05:30:00	316,3604431	0,310804496	19,3893528	0,039372243
09-abr-18 06:00:00	314,8404541	0,309311201	19,61652565	0,038874336
09-abr-18 06:30:00	313,7528992	0,308242746	19,80999947	0,038521951
09-abr-18 07:00:00	311,1098633	0,305646127	19,80999947	0,037678824

09-abr-18 07:30:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
09-abr-18 08:00:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
09-abr-18 08:30:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
09-abr-18 09:00:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
09-abr-18 09:30:00	255,3999939	0,250914639	18,27751732	0,023632965
09-abr-18 10:00:00	281,2922974	0,27635222	18,164114	0,029354251
09-abr-18 10:30:00	283,6157837	0,278634901	19,05330086	0,029930913
09-abr-18 11:00:00	327,8331909	0,322075758	20,08434677	0,043341984
09-abr-18 11:30:00	383,2275085	0,376497236	22,09985352	0,068919239
09-abr-18 12:00:00	383,2014771	0,376471662	21,85314751	0,068904219
09-abr-18 12:30:00	381,9411926	0,375233511	21,6064415	0,068180945
09-abr-18 13:00:00	383,1577759	0,376428728	21,49061775	0,068879011
09-abr-18 13:30:00	383,3930054	0,376659827	21,37830353	0,069014807
09-abr-18 14:00:00	382,0681458	0,375358234	21,2659893	0,068253457
09-abr-18 14:30:00	384,1373291	0,377391079	21,15367508	0,069446262
09-abr-18 15:00:00	382,3928223	0,375677209	21,09967613	0,068439257
09-abr-18 15:30:00	384,8288879	0,378070492	21,21605492	0,069849549
09-abr-18 16:00:00	384,4513245	0,37769956	21,33243561	0,069629081
09-abr-18 16:30:00	379,4135437	0,372750253	21,44881439	0,066753134
09-abr-18 17:00:00	375,7227173	0,369124245	21,56519318	0,064721805
09-abr-18 17:30:00	363,5391541	0,35715465	21,46999931	0,058444983
09-abr-18 18:00:00	91,80000305	0,090187804	16,84733391	0,006006419
09-abr-18 18:30:00	12,43642807	0,012218019	26,32493019	0,003090466
09-abr-18 19:00:00	131,3688812	0,12906177	12,78181934	0,008365673
09-abr-18 19:30:00	118,1367188	0,116061992	11,79017162	0,007488321
09-abr-18 20:00:00	114,4829636	0,112472405	11,05626965	0,007262702
09-abr-18 20:30:00	111,8050842	0,109841554	10,56263256	0,007101671
09-abr-18 21:00:00	3,469565153	0,003408632	10,18573666	0,002866933
09-abr-18 21:30:00	348,3372803	0,342219753	18,47117424	0,051459824
09-abr-18 22:00:00	348,1799927	0,342065228	18,89538765	0,051392098
09-abr-18 22:30:00	353,5179749	0,347309464	19,34880257	0,053741153
09-abr-18 23:00:00	351,3606873	0,345190063	19,72758102	0,052779149
09-abr-18 23:30:00	351,9955139	0,345813741	18,59388733	0,053060437
10-abr-18 00:00:00	251,9194336	0,247495204	16,36002541	0,022954179
10-abr-18 00:30:00	255,6709595	0,251180846	16,55093002	0,023686643
10-abr-18 01:00:00	256,7999878	0,252290046	16,74183273	0,023911622
10-abr-18 01:30:00	331,835907	0,326008178	20,05391121	0,044819185
10-abr-18 02:00:00	304,7348328	0,299383055	24,57999992	0,035720347
10-abr-18 02:30:00	281,4801941	0,276536816	27,09860229	0,029400469
10-abr-18 03:00:00	296,5227356	0,29131518	30,23060799	0,033346773
10-abr-18 03:30:00	295,7869568	0,290592323	30,62927818	0,033141968
10-abr-18 04:00:00	297,6740112	0,292446236	31,00754929	0,033669776
10-abr-18 04:30:00	298,7651672	0,293518229	31,2489357	0,033978799
10-abr-18 05:00:00	299,9017944	0,294634895	31,47302055	0,034303716
10-abr-18 05:30:00	301,6222229	0,296325109	31,84635162	0,034801439

10-abr-18 06:00:00	300,6772766	0,295396758	32,33355331	0,034527177
10-abr-18 06:30:00	302,956665	0,297636116	32,820755	0,035192464
10-abr-18 07:00:00	300,9117737	0,295627137	33,3079567	0,034595036
10-abr-18 07:30:00	312,0509644	0,3065707	33,74280167	0,037976898
10-abr-18 08:00:00	311,3092957	0,305842057	34,16377258	0,037741794
10-abr-18 08:30:00	315,3242188	0,30978647	34,5847435	0,039032117
10-abr-18 09:00:00	387,3677979	0,380564814	22,34000015	0,071350317
10-abr-18 09:30:00	337,0626831	0,331143161	19,87000084	0,046824183
10-abr-18 10:00:00	339,7111206	0,333745087	19,87000084	0,047874118
10-abr-18 10:30:00	338,5067444	0,332561862	19,86000061	0,047393773
10-abr-18 11:00:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
10-abr-18 11:30:00	Bad	#VALOR!	Bad	#VALOR!
10-abr-18 12:00:00	342,2101135	0,336200192	19,47193718	0,048886386
10-abr-18 12:30:00	340,721344	0,334737569	19,35497856	0,048280781
10-abr-18 13:00:00	342,0836182	0,336075918	19,23802185	0,048834636
10-abr-18 13:30:00	342,2217407	0,336211615	19,12106323	0,048891146
10-abr-18 14:00:00	341,059082	0,335069375	19,00410652	0,048417505
10-abr-18 14:30:00	342,004364	0,335998056	18,90802765	0,048802241
10-abr-18 15:00:00	342,6556396	0,336637894	18,81736946	0,049069091
10-abr-18 15:30:00	344,0046082	0,337963172	18,72670937	0,04962646
10-abr-18 16:00:00	344,2227478	0,33817748	18,63605118	0,049717184
10-abr-18 16:30:00	341,5461426	0,335547882	18,54539299	0,048615361
10-abr-18 17:00:00	344,1074219	0,33806418	18,4547348	0,0496692
10-abr-18 17:30:00	345,7202148	0,339648649	18,45000076	0,050344473
10-abr-18 18:00:00	218,0318146	0,214202722	13,28273487	0,017283647
10-abr-18 18:30:00	126,9937515	0,124763477	11,21551132	0,008064761
10-abr-18 19:00:00	123,3999939	0,121232833	11,09951496	0,007825704
10-abr-18 19:30:00	125,0993576	0,122902353	10,98351765	0,007937849
10-abr-18 20:00:00	121,7719574	0,119633389	10,86752033	0,007719752
10-abr-18 20:30:00	119,2799301	0,117185126	10,75152302	0,007560344
10-abr-18 21:00:00	114,07444	0,112071056	11,34637833	0,007237902
10-abr-18 21:30:00	320,0395508	0,314418991	17,23114014	0,040603978
10-abr-18 22:00:00	328,6116638	0,32284056	17,51738548	0,043625414
10-abr-18 22:30:00	331,4194031	0,325598989	17,80363083	0,044663156
10-abr-18 23:00:00	331,1864624	0,325370139	18,08987617	0,04457613
10-abr-18 23:30:00	333,7772827	0,327915459	18,37612152	0,045553676
11-abr-18 00:00:00	332,190918	0,326356955	18,66236687	0,044952608
11-abr-18 00:30:00	375,4250183	0,368831774	19,64221191	0,064560679
11-abr-18 01:00:00	378,8555603	0,372202069	19,93483162	0,066441993
11-abr-18 01:30:00	376,2679443	0,369659897	20,19041824	0,065017946
11-abr-18 02:00:00	378,166687	0,371525293	20,68702698	0,066059866
11-abr-18 02:30:00	387,0545654	0,380257082	21,51044083	0,071163434
11-abr-18 03:00:00	400,2305298	0,393201649	22,55716705	0,079463734
11-abr-18 03:30:00	400,2000122	0,393171668	22,30092621	0,079443432
11-abr-18 04:00:00	393,5795288	0,386667454	22,67863464	0,075159482

11-abr-18 04:30:00	390,8600159	0,383995701	22,21317863	0,073467413
11-abr-18 05:00:00	310,3609009	0,304910318	19,27289581	0,037443279
11-abr-18 05:30:00	276,5652466	0,271708186	17,99843597	0,028215121
11-abr-18 06:00:00	276,6466675	0,271788177	18,41457367	0,028234363
11-abr-18 06:30:00	221,578064	0,217686692	21,30859947	0,017804538
11-abr-18 07:00:00	246,39888	0,242071603	22,80620956	0,021917309
11-abr-18 07:30:00	269,8355713	0,265096697	24,17000008	0,02666924
11-abr-18 08:00:00	346,0987854	0,340020571	31,06613159	0,050504306
11-abr-18 08:30:00	337,197113	0,33127523	30,00456619	0,046876917
11-abr-18 09:00:00	338,3999939	0,332456986	29,61326218	0,04735143
11-abr-18 09:30:00	330,4545593	0,32465109	29,40865898	0,044303795
11-abr-18 10:00:00	329,1980591	0,323416656	29,21060562	0,043840135
11-abr-18 10:30:00	326,7424011	0,321004125	29,01255226	0,042947938
11-abr-18 11:00:00	317,2045288	0,311633758	28,80733871	0,039651491
11-abr-18 11:30:00	318,1437988	0,312556532	28,35155487	0,039964558
11-abr-18 12:00:00	316,3999939	0,310843352	27,89576912	0,039385283
11-abr-18 12:30:00	317,7200012	0,312140177	27,43998528	0,039822998
11-abr-18 13:00:00	315,9888916	0,310439469	26,98419952	0,039249947
11-abr-18 13:30:00	374,7594604	0,368177905	22,87866211	0,064201904
11-abr-18 14:00:00	372,1802673	0,365644008	22,79096603	0,062830299
11-abr-18 14:30:00	371,75	0,365221297	22,70326996	0,062604353
11-abr-18 15:00:00	370,4310913	0,363925551	22,61557388	0,061916807
11-abr-18 15:30:00	370,9841003	0,364468848	22,52787781	0,062204166
11-abr-18 16:00:00	370,5801392	0,364071981	22,44018364	0,061994126
11-abr-18 16:30:00	370,2483215	0,363745991	22,00019455	0,061822127
11-abr-18 17:00:00	370,3994446	0,36389446	21,51392555	0,061900403
11-abr-18 17:30:00	369,0483093	0,362567053	21,02765846	0,061204071
11-abr-18 18:00:00	178,1466675	0,175018041	14,87657261	0,012376563
11-abr-18 18:30:00	123,6578598	0,121486171	13,36767673	0,007842619
11-abr-18 19:00:00	123,8156662	0,121641206	12,91066074	0,007852988
11-abr-18 19:30:00	124,409996	0,122225098	12,53657722	0,007892164
11-abr-18 20:00:00	16,79999924	0,016504956	21,51566696	0,003205467
11-abr-18 20:30:00	8,600000381	0,008448966	26,05488968	0,002992771
11-abr-18 21:00:00	170,2438202	0,167253985	15,83813477	0,011584112
11-abr-18 21:30:00	225,3511963	0,221393561	20,91360474	0,018376002
11-abr-18 22:00:00	262,3756714	0,257767809	24,79463959	0,025054401
11-abr-18 22:30:00	266,1513367	0,261477166	25,22043419	0,02585911
11-abr-18 23:00:00	347,5578003	0,341453962	17,11339378	0,051125063
11-abr-18 23:30:00	346,3863525	0,340303088	17,39725304	0,050626056
12-abr-18 00:00:00	356,0977783	0,349843961	17,76314163	0,05491462
12-abr-18 00:30:00	360	0,353677651	18,75111008	0,056738484
12-abr-18 01:00:00	371,957428	0,365425082	19,12179184	0,062713178
12-abr-18 01:30:00	371,2329102	0,364713288	19,34482574	0,06233389
12-abr-18 02:00:00	370,5827026	0,3640745	19,61652946	0,061995457
12-abr-18 02:30:00	369,1955566	0,362711715	19,90832901	0,061279576

12-abr-18 03:00:00	365,788147	0,359364146	20,32388687	0,05955597
12-abr-18 03:30:00	306,3128967	0,300933405	17,72776031	0,036195453
12-abr-18 04:00:00	304,218811	0,298876096	17,75	0,035566346
12-abr-18 04:30:00	351,036377	0,344871448	20,67000008	0,052636025
12-abr-18 05:00:00	278,7541504	0,273858648	24,50074768	0,028737004
12-abr-18 05:30:00	243,3227234	0,23904947	29,68251228	0,021360004
12-abr-18 06:00:00	219,3614197	0,215508977	26,87844658	0,017477136
12-abr-18 06:30:00	209,6600037	0,205977938	26,09000015	0,016113607
12-abr-18 07:00:00	217,0488892	0,213237059	26,75	0,017141987
12-abr-18 07:30:00	217,6999969	0,213876732	26,75	0,017235695
12-abr-18 08:00:00	216,6736298	0,21286839	26,75	0,017088211
12-abr-18 08:30:00	234,2266693	0,230113162	24,40999985	0,019793616
12-abr-18 09:00:00	301,90448	0,296602409	32,43000031	0,034883784
12-abr-18 09:30:00	347,8186646	0,341710245	26,59186935	0,051236852
12-abr-18 10:00:00	350,5603638	0,344403795	26,53845787	0,052426655
12-abr-18 10:30:00	346,9894409	0,340895585	26,48504448	0,050882345
12-abr-18 11:00:00	348,1818237	0,342067027	26,431633	0,051392886
12-abr-18 11:30:00	347,3739014	0,341273293	26,3782196	0,051046402
12-abr-18 12:00:00	347,1199951	0,341023846	26,32480621	0,050937996
12-abr-18 12:30:00	346,9441528	0,340851092	26,27139473	0,050863054
12-abr-18 13:00:00	348,6708069	0,342547422	26,21798134	0,051603732
12-abr-18 13:30:00	348,5439758	0,342422819	26,16456985	0,05154896
12-abr-18 14:00:00	345,9714355	0,339895458	26,11115646	0,050450482
12-abr-18 14:30:00	342,8060303	0,336785643	26,05774498	0,049130918
12-abr-18 15:00:00	344,5179749	0,338467523	25,9625988	0,049840233
12-abr-18 15:30:00	344,5709534	0,338519571	25,74800682	0,049862346
12-abr-18 16:00:00	343,8494263	0,337810715	25,53341293	0,049562021
12-abr-18 16:30:00	346,5943909	0,340507472	25,31882095	0,050714318
12-abr-18 17:00:00	327,2876282	0,321539777	24,64999962	0,04314445
12-abr-18 17:30:00	333,4558716	0,327599693	28,31999969	0,045431249
12-abr-18 18:00:00	201,6999969	0,198157725	16,60555649	0,015074663
12-abr-18 18:30:00	5,619851112	0,005521155	10,05567551	0,002919017
12-abr-18 19:00:00	4,296561241	0,004221105	8,71655941	0,002886853
12-abr-18 19:30:00	4,201117039	0,004127337	7,468893528	0,002884547
12-abr-18 20:00:00	0,006026365	5,92053E-06	6,370184422	0,002784986
12-abr-18 20:30:00	56,90000153	0,055900719	6,550610542	0,004484437
12-abr-18 21:00:00	99,19999695	0,097457839	6,927307606	0,006390346
12-abr-18 21:30:00	321,6613464	0,316012304	13,33241081	0,041159108
12-abr-18 22:00:00	351,3155518	0,34514572	14,89455223	0,052759207
12-abr-18 22:30:00	337,5595703	0,331631322	14,30411243	0,047019396
12-abr-18 23:00:00	328,6068115	0,322835792	14,41532421	0,043623642
12-abr-18 23:30:00	328,8399963	0,323064882	14,57319164	0,043708898
13-abr-18 00:00:00	331,2370605	0,325419849	14,73106003	0,044595019
13-abr-18 00:30:00	360,95224	0,354613168	16,38753891	0,057192671
13-abr-18 01:00:00	362,5705872	0,356203094	16,9064579	0,057972925

13-abr-18 01:30:00	362,901947	0,356528634	17,41020584	0,058133992
13-abr-18 02:00:00	393,9068298	0,386989007	19,67506409	0,075365737
13-abr-18 02:30:00	367,163269	0,360715118	20,74311447	0,06024565
13-abr-18 03:00:00	372,0499878	0,365516016	21,49440193	0,062761799
13-abr-18 03:30:00	342,9460754	0,336923229	20,40332031	0,049188562
13-abr-18 04:00:00	345,6505737	0,339580231	20,72233772	0,050315126
13-abr-18 04:30:00	345,2772827	0,339213495	21,13482285	0,050158109
13-abr-18 05:00:00	347,3897095	0,341288824	21,6331501	0,051053159
13-abr-18 05:30:00	348,768158	0,342643064	21,37458801	0,051645812
13-abr-18 06:00:00	306,1208801	0,300744761	19,96528244	0,036137307
13-abr-18 06:30:00	304,6044617	0,299254974	19,71530724	0,035681376
13-abr-18 07:00:00	289,7749939	0,284685942	18,71265793	0,031514966
13-abr-18 07:30:00	288,1760864	0,283115115	18,96028519	0,031095869
13-abr-18 08:00:00	289,3419495	0,284260503	19,20791435	0,031400904
13-abr-18 08:30:00	307,9022827	0,302494878	19,47701645	0,036680356
13-abr-18 09:00:00	309,4572449	0,304022532	19,75494003	0,037161042
13-abr-18 09:30:00	308,0186462	0,302609198	20,03286171	0,036716111
13-abr-18 10:00:00	309,3744812	0,303941222	20,31078339	0,0371353
13-abr-18 10:30:00	310,4709167	0,305018402	20,58870697	0,037477786
13-abr-18 11:00:00	341,6135559	0,335614111	20,80901718	0,04864281
13-abr-18 11:30:00	340,9176331	0,33493041	20,74355698	0,048360196
13-abr-18 12:00:00	341,1050415	0,335114528	20,67809868	0,048436141
13-abr-18 12:30:00	340,1642456	0,334190254	20,61263847	0,048056097
13-abr-18 13:00:00	340,0372925	0,33406553	20,54718018	0,048005042
13-abr-18 13:30:00	340,0772705	0,334104806	20,48171997	0,048021113
13-abr-18 14:00:00	338,3280945	0,332386349	20,41626167	0,047322933
13-abr-18 14:30:00	336,8999939	0,330983329	20,35080147	0,046760443
13-abr-18 15:00:00	336,720459	0,330806947	21,40612411	0,046690204
13-abr-18 15:30:00	312,2328186	0,306749361	26,54999924	0,038034768
13-abr-18 16:00:00	206,6666565	0,20303716	36,70787048	0,015714769
13-abr-18 16:30:00	208,8985138	0,205229821	36,47956848	0,016011195
13-abr-18 17:00:00	211,1887665	0,207479852	36,25126648	0,016321191
13-abr-18 17:30:00	214,2131348	0,210451107	41,64471436	0,016739768
13-abr-18 18:00:00	165,8999939	0,162986445	27,77000046	0,011170361
13-abr-18 18:30:00	166,3503723	0,163428914	27,59757423	0,011212564
13-abr-18 19:00:00	166,4914246	0,163567489	27,4251461	0,011225814
13-abr-18 19:30:00	166,5436554	0,163618802	27,26000023	0,011230724
13-abr-18 20:00:00	166,0774078	0,163160743	27,26000023	0,011186966
13-abr-18 20:30:00	164,9624939	0,162065409	27,26000023	0,011083021
13-abr-18 21:00:00	165,8999939	0,162986445	27,26000023	0,011170361
13-abr-18 21:30:00	199,2433929	0,195744265	35,68000031	0,014767759
13-abr-18 22:00:00	199,8738861	0,196363685	35,68000031	0,014845926
13-abr-18 22:30:00	202,118042	0,198568429	35,68000031	0,015127521
13-abr-18 23:00:00	204,7818146	0,20118542	35,68000031	0,01546871
13-abr-18 23:30:00	380,3235474	0,373644275	16,66720009	0,067263697

14-abr-18 00:00:00	378,1733398	0,371531829	16,90719986	0,066063546
14-abr-18 00:30:00	378,9203491	0,37226572	17,14719963	0,066478046
14-abr-18 01:00:00	407,6036072	0,40044524	18,69960976	0,084523967
14-abr-18 01:30:00	408,4586487	0,401285265	17,97700119	0,085131263
14-abr-18 02:00:00	373,8106079	0,367245716	17,84445381	0,06369386
14-abr-18 02:30:00	371,1011353	0,364583827	18,14077377	0,062265152
14-abr-18 03:00:00	370,4438171	0,363938053	18,49765968	0,061923405
14-abr-18 03:30:00	367,1135254	0,360666248	18,07937241	0,060220563
14-abr-18 04:00:00	320,944458	0,315308006	17,06297684	0,040912792
14-abr-18 04:30:00	319,2000122	0,313594196	17,30552673	0,040319557
14-abr-18 05:00:00	317,5818176	0,31200442	17,54299164	0,039776949
14-abr-18 05:30:00	316,6389465	0,311078108	17,76430321	0,039464162
14-abr-18 06:00:00	316,5113525	0,310952755	17,98561478	0,039422023
14-abr-18 06:30:00	295,8366699	0,290641163	17,38937378	0,033155766
14-abr-18 07:00:00	293,4803162	0,288326191	17,73476028	0,032508026
14-abr-18 07:30:00	288,4307556	0,283365312	16,75525284	0,031162246
14-abr-18 08:00:00	287,84375	0,282788615	16,06794548	0,031009461
14-abr-18 08:30:00	278,2311096	0,273344793	16,23667336	0,028611428
14-abr-18 09:00:00	317,2357483	0,311664429	19,08958054	0,039661857
14-abr-18 09:30:00	336,6550598	0,330742697	21,15045547	0,046664644
14-abr-18 10:00:00	335,6887817	0,329793389	21,37592125	0,046288623
14-abr-18 10:30:00	334,6000061	0,328723734	21,60138512	0,045868561
14-abr-18 11:00:00	347,0798645	0,34098442	21,82684898	0,050920883
14-abr-18 11:30:00	359,0207214	0,352715571	21,39522552	0,056275162
14-abr-18 12:00:00	359,1903076	0,352882179	20,64802742	0,056355126
14-abr-18 12:30:00	358,7000122	0,352400494	19,90082932	0,05612425
14-abr-18 13:00:00	336,1575012	0,330253876	19,5693779	0,046470642
14-abr-18 13:30:00	336,9711914	0,331053276	19,23838806	0,046788327
14-abr-18 14:00:00	337,6651917	0,331735089	18,90739822	0,047060997
14-abr-18 14:30:00	340,0809326	0,334108404	18,57641029	0,048022586
14-abr-18 15:00:00	339,8499756	0,333881503	18,24542046	0,04792981
14-abr-18 15:30:00	358,918457	0,352615102	18,69440269	0,056226996
14-abr-18 16:00:00	359,8966675	0,353576133	18,65285873	0,056689415
14-abr-18 16:30:00	360,7999878	0,35446359	18,61131477	0,057119808
14-abr-18 17:00:00	358,3348389	0,352041734	18,56977081	0,055952908
14-abr-18 17:30:00	369,3406677	0,362854277	18,52822685	0,061354076
14-abr-18 18:00:00	368,7000122	0,362224873	18,48668289	0,061025843
14-abr-18 18:30:00	367,4772644	0,361023599	18,44513893	0,060404248
14-abr-18 19:00:00	368,7447815	0,362268856	18,40359497	0,061048723
14-abr-18 19:30:00	368,0272522	0,361563928	18,36205101	0,060683052
14-abr-18 20:00:00	368,6500244	0,362175763	18,32050705	0,061000307
14-abr-18 20:30:00	369,0664978	0,362584922	18,27896309	0,061213393
14-abr-18 21:00:00	368,4092102	0,361939178	18,23741913	0,060877434
14-abr-18 21:30:00	367,3844604	0,360932425	18,19587517	0,06035733
14-abr-18 22:00:00	368,9295654	0,362450395	18,15433121	0,06114325

14-abr-18 22:30:00	350,5272522	0,344371265	18,13999939	0,052412122
14-abr-18 23:00:00	281,0033875	0,276068384	15,02104187	0,029283329
14-abr-18 23:30:00	281,8387756	0,276889101	15,09802532	0,029488873
15-abr-18 00:00:00	283,0083313	0,278038116	15,17500782	0,029779066
15-abr-18 00:30:00	283,3818359	0,278405061	15,25199032	0,02987234
15-abr-18 01:00:00	284,007782	0,279020015	15,32897377	0,030029313
15-abr-18 01:30:00	283,7999878	0,27881587	15,40595627	0,029977112
15-abr-18 02:00:00	284,1711121	0,279180476	15,48293972	0,030070407
15-abr-18 02:30:00	307,7000122	0,30229616	16,27503777	0,036618287
15-abr-18 03:00:00	306,2999878	0,300920723	16,72570038	0,036191541
15-abr-18 03:30:00	302,8044434	0,297486568	17,18140793	0,035147638
15-abr-18 04:00:00	300,3382874	0,295063722	17,60696793	0,034429317
15-abr-18 04:30:00	297,8977661	0,292666062	18,01732254	0,033732915
15-abr-18 05:00:00	296,3710022	0,291166111	18,4311161	0,033304435
15-abr-18 05:30:00	292,7000122	0,287559591	18,87052917	0,032296329
15-abr-18 06:00:00	290,7157288	0,285610156	19,30126953	0,031764181
15-abr-18 06:30:00	115,0340881	0,11301385	31,34281921	0,007296293
15-abr-18 07:00:00	125,6348419	0,123428433	30,81928825	0,007973519
15-abr-18 07:30:00	126,0999985	0,12388542	32,51514053	0,008004635
15-abr-18 08:00:00	195,3923645	0,191960868	31,56999969	0,014299176
15-abr-18 08:30:00	185,1666718	0,18191476	21,10000038	0,013125839
15-abr-18 09:00:00	220,3092346	0,216440146	23,7062397	0,017616386
15-abr-18 09:30:00	221,5782013	0,217686827	23,13700104	0,017804558
15-abr-18 10:00:00	217,7304993	0,213906699	23,10000038	0,017240097
15-abr-18 10:30:00	248,3000031	0,243939339	25,27000046	0,022268981
15-abr-18 11:00:00	276,1483154	0,271298577	29,40603638	0,028116796
15-abr-18 11:30:00	277,4168701	0,272544853	29,80386353	0,028417031
15-abr-18 12:00:00	284,2000122	0,279208869	29,7622776	0,030077685
15-abr-18 12:30:00	284,0011292	0,279013479	29,64850044	0,03002764
15-abr-18 13:00:00	285,3898621	0,280377822	29,53472328	0,030378833
15-abr-18 13:30:00	283,7710571	0,278787447	29,42094612	0,029969851
15-abr-18 14:00:00	286,3675842	0,281338374	29,31999969	0,030628547
15-abr-18 14:30:00	287,1000061	0,282057933	29,31999969	0,030816955
15-abr-18 15:00:00	285,9423828	0,28092064	29,31999969	0,030519698
15-abr-18 15:30:00	286,3201294	0,281291752	29,31999969	0,03061638
15-abr-18 16:00:00	238,5241699	0,234335189	22,96756172	0,020518813
15-abr-18 16:30:00	237,8683929	0,233690929	22,85537148	0,020406458
15-abr-18 17:00:00	238,8878784	0,23469251	22,74318123	0,020581395
15-abr-18 17:30:00	239,6999969	0,235490366	22,63099098	0,020721821
15-abr-18 18:00:00	242,7065277	0,238444096	22,51880264	0,021250084
15-abr-18 18:30:00	244,2474518	0,239957959	22,3353672	0,02152603
15-abr-18 19:00:00	246,1245422	0,241802083	22,09707832	0,021867023
15-abr-18 19:30:00	296,9840088	0,291768352	14,52999973	0,033475815
15-abr-18 20:00:00	342,7631836	0,336743549	17,7622509	0,049113295
15-abr-18 20:30:00	367,89328	0,361432309	18,08246231	0,06061502

15-abr-18 21:00:00	364,5868835	0,35818398	18,18248367	0,058959952
15-abr-18 21:30:00	366,522583	0,360085684	18,28250313	0,059923332
15-abr-18 22:00:00	361,6965942	0,35534445	18,38252449	0,057550234
15-abr-18 22:30:00	361,8863831	0,355530905	18,48254585	0,057641759
15-abr-18 23:00:00	362,7382813	0,356367843	19,77415466	0,058054382
15-abr-18 23:30:00	390,1842957	0,383331848	20,21999931	0,073052925
16-abr-18 00:00:00	274,4573059	0,269637265	15,17768764	0,027721503
16-abr-18 00:30:00	272,8800049	0,268087664	15,36153221	0,027357801
16-abr-18 01:00:00	275,6691589	0,270827835	15,54537582	0,028004218
16-abr-18 01:30:00	318,3999939	0,312808228	17,08726883	0,040050378
16-abr-18 02:00:00	322,3636475	0,316702271	17,47109795	0,04140185
16-abr-18 02:30:00	314,7550659	0,309227312	17,77149963	0,038846552
16-abr-18 03:00:00	311,7563477	0,306281258	18,22127914	0,037883332
16-abr-18 03:30:00	309,9674377	0,304523765	18,71776199	0,037320127
16-abr-18 04:00:00	309,6699524	0,304231504	17,32202911	0,037227285
16-abr-18 04:30:00	244,7153778	0,240417667	17,52288437	0,021610533
16-abr-18 05:00:00	238,1406097	0,233958365	18,06639099	0,020453022
16-abr-18 05:30:00	232,9400024	0,228849092	18,60989571	0,01958152
16-abr-18 06:00:00	151,553894	0,148892292	26,80125809	0,009906041
16-abr-18 06:30:00	148,3000031	0,145695547	25,17637444	0,009639798
16-abr-18 07:00:00	142,583252	0,140079193	24,74827957	0,009189248
16-abr-18 07:30:00	143,3166656	0,140799727	24,43775368	0,009245851
16-abr-18 08:00:00	204,7053223	0,201110271	33,22000122	0,015458806
16-abr-18 08:30:00	189,1631775	0,185841079	29,84312057	0,013572494
16-abr-18 09:00:00	188,4554138	0,185145745	29,31454086	0,013492301
16-abr-18 09:30:00	268,421814	0,263707769	29,09446335	0,026355409
16-abr-18 10:00:00	298,0229187	0,292789016	22,48999977	0,033768282
16-abr-18 10:30:00	298,8222046	0,293574265	21,8066349	0,03399503
16-abr-18 11:00:00	362,2133179	0,355852099	21,71251297	0,057799764
16-abr-18 11:30:00	360,8739014	0,354536205	21,56272316	0,057155169
16-abr-18 12:00:00	360,3135071	0,353985652	21,41293335	0,056887617
16-abr-18 12:30:00	358,3076782	0,35201505	21,26314545	0,055940185
16-abr-18 13:00:00	358,548584	0,352251725	21,11335564	0,056053135
16-abr-18 13:30:00	353,9741516	0,347757629	21,78622055	0,053946812
16-abr-18 14:00:00	354,3939514	0,348170057	21,39209557	0,054136767
16-abr-18 14:30:00	341,7510986	0,335749239	21,15999985	0,048698861
16-abr-18 15:00:00	339,4766541	0,333514738	21,15999985	0,047780225
16-abr-18 15:30:00	319,5458374	0,313933948	28,72745514	0,040436474