

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JOAO PEDRO PAPI GERMINIANO

**APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTUDOS DE
PROJEÇÃO NO CRESCIMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA. ESTUDO
DE CASO UTFPR - CAMPUS LONDRINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

JOAO PEDRO PAPI GERMINIANO

**APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTUDOS DE
PROJEÇÃO NO CRESCIMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA. ESTUDO
DE CASO UTFPR - CAMPUS LONDRINA**

Trabalho De Conclusão De Curso apresentado à
disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2,
do Curso Superior de Engenharia Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Londrina.

Orientadora: Profa. Dra Joseane Debora
Peruço Theodoro

LONDRINA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTUDOS DE PROJEÇÃO NO CRESCIMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO UTFPR - CAMPUS LONDRINA por

João Pedro Papi Germiniano

Monografia apresentada no dia 16 de novembro de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____

Prof. Dra. Edilaine Regina Pereira
(UTFPR)

Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira
(UTFPR)

Prof. Dra. Joseane Debora Peruco Theodoro
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

"A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso".

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais Mario Cesar Germiniano, Mirna Luciana T. P. Germiniano e minha irmã Helena Papi G. que durante todos esses últimos anos sempre me apoiaram, me incentivaram a buscar o meu melhor e a nunca desistir e nas horas mais difíceis sempre dando conselhos para que eu pudesse evoluir cada vez mais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha professora e orientadora Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro por toda ajuda, paciência e tempo os quais me ajudaram bastante a concluir este trabalho, agradeço também a todos meus professores que dispuseram do seu tempo para ajudar neste trabalho.

Gostaria também de deixar meus agradecimentos aos professores participantes da banca de defesa, Marco Antônio Ferreira e Edilaine Regina Pereira, por se disponibilizarem a fazer parte desta principal e final etapa no curso de graduação.

Aos amigos e colegas de universidade, que com a ajuda deles todos os obstáculos e percalços puderam ser contornados com maior facilidade. Por estarem sempre juntos nas horas de comemoração e também nas horas de provas e trabalhos.

Deixo aqui também meus agradecimentos a todos aquele que contribuíram para a conclusão de mais uma etapa importante da vida acadêmica e profissional.

RESUMO

GERMINIANO, João Pedro P. **APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTUDOS DE PROJEÇÃO NO CRESCIMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO UTFPR - CAMPUS LONDRINA.** 2015. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Ambiental. Londrina, 2015.

Este trabalho tem como objetivo a utilização de métodos de modelagem matemática para a realização de uma projeção em curto prazo, tendo em vista o estudo do consumo de água e do crescimento no número de alunos, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina (UTFPR-LD), a fim de realizar propostas de reuso e uso racional de água, como reaproveito de água intra-sanitário, reúso direto em mictórios, diminuição da pressão de distribuição, mudança das torneiras convencionais para torneiras com sensor e readequamento das instalações de captação de água. Para realização da modelagem foram usados três métodos de modelagem, forma de Lagrange, Newton e Newton-Gregory por meio do Software de Modelagem Maple 12 e também do Software Microsoft Excel 2013. O perfil de consumo de água no campus da universidade é bastante diversificado, ou seja, apresenta as características de uso comum como para higiene pessoal, bebedouros, aparelhos sanitários, cozinha, limpeza das salas e blocos, mas também há usos mais específicos como nos laboratórios de hidráulica, estufas, limpeza de utensílios dos laboratórios de microbiologia e demais equipamentos. Nesta pesquisa foi analisado o crescimento do consumo de água no Campus UTFPR-LD, durante os períodos dos anos de 2010 e 2014, realizando um estudo relacionando o aumento semestral do número de alunos nos cursos de graduação e assim sendo possível quantificar o consumo de água na universidade. Por meio dos dados obtidos foi possível mensurar este aumento no consumo de água. Em 2010 a média anual de consumo é de aproximadamente 247 m³, mas já em 2014 está média passa para quase 421 m³, o que representa um aumento de mais de 70% do volume consumido em apenas 4 anos, resultando em um aumento anual de aproximadamente 17,5% no consumo.

Palavras-chave: Reuso de água. Modelagem matemática. Consumo de água. Método de Newton.

ABSTRACT

GERMINIANO, João Pedro P. APPLICATION OF MATHEMATICALL MODELING FOR PROJECTION STUDIES OF GROWTH ON WATER CONSUMPTION . STUDY OF UTFPR - CAMPUS LONDRINA. 2015 67. Term paper. Degree in Environmental Engineering. Londrina, 2015.

This paper aims to use mathematical modeling methods for performing a short-term projection, considering the study of water consumption and growth in the number of students at the Federal Technological University of Paraná campus Londrina (UTFPR- LD) in order to make reuse proposals and rational use of water as reaproveito intra-sanitary water, direct reuse in urinals, decreased pressure distribution, changes in conventional taps for taps with sensors and readequamento of funding facilities water. To perform the modeling were used three methods of modeling, form of Lagrange, Newton and Newton-Gregory through the Modeling Software Maple 12 and also Microsoft Excel Software 2013. O water consumption profile on the university campus is very diverse, ie, has the characteristics of common use and for personal hygiene, drinking fountains, sanitary appliances, cooking, cleaning the rooms and blocks, but there are also more specific uses such as in the hydraulic laboratories, greenhouses, utensils cleaning of microbiology laboratories and other equipments. This research analyzes the growth of water consumption in the Campus UTFPR-LD, during periods of the years 2010 and 2014, conducting a study relating the six-month increase in the number of students in undergraduate and thus impossible to quantify water consumption at the University. Through the data obtained it was possible to measure the increase in water consumption. In 2010 the average annual consumption is approximately 247 cubic meters, but already in 2014 is average increases to nearly 421 cubic meters, which represents an increase of more than 70% of the consumed volume in just 4 years, resulting in an annual increase of approximately 17.5% consumption.

Keywords: Reuse of water. Mathematical modeling. Water consumption. Method of Newton.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CAMPUS UTFPR – LONDRINA FONTE: GOOGLE EARTH 2014	26
FIGURA 2: CAMPUS UTFPR – LONDRINA FONTE: GOOGLE EARTH 2014	27
FIGURA 3: IMAGEM DA FUNÇÃO DE NEWTON, GEOGEBRA.....	51
FIGURA 4: IMAGEM DA EQUAÇÃO POLINOMIAL EXCEL.	52
FIGURA 5- COMPARAÇÃO ENTRE NEWTON LINEAR, EXCEL LINEAR E NEWTON POLINOMIAL, GEOGEBRA	53
FIGURA 6: REUSO DIRETO EM MICTÓRIO FONTE: MENDONÇA (2004)	60
FIGURA 7: REUSO DIRETO EM SANITÁRIOS DE CAIXA ACOPLADA FONTE: ECOLÂNDIA (2015)	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de alunos por semestre.....	34
Gráfico 2: Consumo de água em 2010.....	43
Gráfico 3: Consumo de água em 2011.....	44
Gráfico 4: Consumo de água em 2012.....	45
Gráfico 5: Consumo de água em 2013.....	46
Gráfico 6: Consumo de água em 2014.....	47
Gráfico 7: Número total de alunos.....	48
Gráfico 8: Projeção de alunos.	55
Gráfico 9: Projeção do consumo médio semestral.	56
Gráfico 10: Modelagem versus dados coletados.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: VIABILIDADE DO REÚSO DA ÁGUA.....	21
TABELA 2: PARÂMETROS DE REÚSO PELA NBR 13.969.....	22
TABELA 3: CONSUMO MÉDIO PER CAPTA	29
TABELA 4: CONSUMO 2010.....	36
TABELA 5: CONSUMO 2011	37
TABELA 6: CONSUMO 2012.....	38
TABELA 7: CONSUMO 2013.....	38
TABELA 8: CONSUMO 2014.....	39
TABELA 9: CONSUMOS ANUAIS	40
TABELA 10: NÚMERO DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO	41
TABELA 11: PROJEÇÕES, N° DE ALUNOS E CONSUMO MÉDIO SEMESTRAL ..	55

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agencia Nacional das Águas
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
CMTU	Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
LD	Londrina
MMA	Ministério do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
OMS	Organização Mundial da Saúde
EPA	Environmental Protection Agency
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
PR	Paraná
ENG	Engenharia
DISPLAD	Diretoria de Planejamento e Administração
DIRGRAD	Diretoria de Graduação e Educação Profissional
<i>Atn</i>	Número total de alunos.
<i>Cm</i>	Consumo mensal em m ³ .
<i>DI</i>	Dias letivos no semestre.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 ÁGUA.....	16
3.2 USO E REÚSO DA ÁGUA.	18
3.3 LEGISLAÇÕES QUE REGEM O REÚSO DE ÁGUA	21
3.4 MODELAGEM MATEMÁTICA	23
3.5 SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DO REÚSO DA ÁGUA	24
3.6 HISTÓRICO UTFPR	25
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO.	26
4.2 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	27
4.3 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS.....	28
4.4 DEFINIÇÃO DE EQUAÇÕES	29
4.4.1 Equações pelo Maple 12	30
4.4.1.1 Forma de Lagrange.....	30
4.4.1.3 Forma de Gregory -Newton	33
4.4.2 Equações pelo Microsoft Excel	34
4.5 COLETA DE DADOS	35
4.5.1 – Amostragem dos dados coletados.....	36
4.6 LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES.....	41
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
5.1 – ANÁLISE DOS DADOS	43
5.1.1 – ANÁLISE DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA	43
6 ANALISE DOS RESULTADOS DA MODELAGEM	50
6.1 – VERIFICAÇÃO DO MODELO DE ALGORITMO DE NEWTON	50
6.2 – VERIFICAÇÃO DO MODELO LINEAR.....	52
6.3 – ESTIMATIVA DE CONSUMO	54
6.4 COMPARAÇÃO MODELAGEM VERSUS DADOS COLETADOS	57
7 PROPOSTAS DE CONTROLE E REÚSO DE ÁGUA	59
7.1 INSTALAÇÕES PARA REUSO DIRETO EM MICTÓRIOS E REUSO INTRA-SANITÁRIO.....	59
7.2. CONTROLE DE PRESSÕES E VAZÕES	61
7.3 USO DE TORNEIRAS COM SENSOR	62
7.3 ESTRUTURA DO CAMPUS	63
8 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água é uma realidade inevitável, cada vez mais próxima. O uso desenfreado e sem consciência deste bem é um dos principais responsáveis pelo mal que aflige grande parte da população mundial. A cada dia que passa o número de pessoas que sofrem com a sua falta só aumenta e este quadro mundial só tende a piorar caso medidas efetivas de controle sobre o uso e também sobre a poluição dos corpos hídricos sejam tomadas (MMA, 2009).

O Brasil possui grande disponibilidade hídrica, concentra de 12% a 16% da reserva mundial de água potável, porém se encontra distribuída de forma desigual em relação à densidade populacional. Devido a essa abundância de água, aproveita-se pouco a água da chuva e o reúso, sendo um dos motivos que podem levar a escassez deste recurso (ANA, Agência Nacional de Águas, 2005).

O desperdício e o uso irracional da água são problemas que afligem o mundo. De acordo com dados do Pnud (sd) – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, atualmente, são usados por ano 1,5 milhões km³ de água, sendo que o volume total de água no planeta, contanto a água salgada, gira em torno de 1,4 bilhão km³ (SPITZCOVSKY 2010).

De acordo com Spitzcovsky (2010), sobre desperdício, foi calculado o consumo de médio de água de cada classe econômica, sendo constatado que a classe que mais gasta e desperdiça água são as classes de alto poder econômico, valores que giram na casa de 1.167 m³ por pessoa, contra 453 m³ das classes médias e 386 m³ das classes que são consideradas baixas ou com menor poder econômico.

Além da falta de responsabilidade na hora de usar, a maioria da população, indústrias e empresas polui as águas do planeta, por meio de disposição inadequada dos resíduos químicos, esgotos e matéria orgânica, influenciando no número de casos de doenças relacionadas à água, afetando sensivelmente a qualidade de vida dos seres vivos, diminuindo cada vez mais a quantidade de água potável disponível (MMA, 2009).

O reúso de água é um método que tem como visão principal a reutilização de uma água, não potável, para demais aplicações, como em sistemas de limpeza,

industrias, aparelhos sanitários entre outros. Assim sendo, as propostas para a racionalização do uso de água podem ser definidas como métodos e técnicas que constituem fundamentalmente qualquer iniciativa no âmbito da conservação ambiental, por que atua diretamente na disponibilidade deste recurso, cujo principal objetivo é atender à população, servir às indústrias, agricultores e, principalmente, à preservação e conservação do meio ambiente (MMA, 2009).

Na UTFPR-LD, há um grande número de alunos e estes a cada semestre aumentam, seja pela adesão de novos cursos ou pela entrada de novos alunos no início de um semestre letivo. Com este aumento no número de alunos há também o crescimento no consumo de água, pois todos passam a frequentar as dependências da faculdade de modo integral, e assim fazendo uso de suas instalações sanitárias e bebedouros. Grande parte do consumo de água é também usado para limpeza dos blocos, o que gasta muita água e também gera um grande desperdício, as vezes por falta de equipamentos mais econômicos ou falta de conscientização.

O perfil de consumo de água no campus da faculdade é bastante diversificado, ou seja, apresenta as características de uso comum como para higiene pessoal, bebedouros, aparelhos sanitários, cozinha, limpeza das salas e blocos, mas também há usos mais específicos como nos laboratórios de hidráulica, estufas, limpeza de utensílios dos laboratórios de microbiologia e demais equipamentos.

Neste projeto foi analisado o crescimento do consumo de água no Campus UTFPR-LD, para determinar o estudo relacionado ao aumento semestral do número de alunos nos cursos de graduação e assim quantificar o consumo de água na UTFPR-LD. De tal modo que depois de verificado e quantificado o aumento no consumo de água, foi realizadas propostas de controle e reúso de água, a fim de reduzir o montante de água que será consumida.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o crescimento do consumo de água da UTFPR-LD, por meio de modelagem matemática.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer o levantamento de dados de consumo de água de 2010 a 2014 na UTFPR-LD ;
- Progressão de crescimento dos alunos e de consumo de água na UTFPR-LD;
- Modelagem de dados através dos Software Microsoft Excel 2013 e Maple 12;
- Propostas de controle e reúso da água citadas na literatura;
- Comparação das metodologias;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ÁGUA

A disponibilidade de água doce na terra excede, em muito, a demanda humana de consumo. O grande problema, porém, é que esta disponibilidade não é distribuída de forma igualitária, porque grandes populações vivem em áreas que apresentam abundantes precipitações pluviométricas, enquanto outras residem em locais de climas áridos ou semiáridos.

A água é um dos maiores bens naturais que existem para o homem, tanto em importância física como biológica. De acordo com Serafim et. al. (2004), o corpo de um ser humano é constituído por pelo menos 60% de água, o qual está intimamente ligado às principais funções que mantêm o corpo em atividade constante e necessária para a vida.

Serafim et. al. (2004), diz ainda que depois do oxigênio, a ausência da água é a que mais pode prejudicar um organismo, pois em algumas circunstâncias a perda acentuada de água, pode levar o organismo a entrar em colapso levando a pessoa até mesmo a morte, isso ocorre por que uma pessoa normal pode ficar até 50 dias sem ingerir alimento, porém a mesma não irá sobreviver mais do que cinco dias sem ingerir água.

Para Tomaz (2000), pelo menos cinco bilhões de pessoas irão ficar sem acesso à água potável no ano de 2025. Este número alarmante tende a se tornar cada dia mais real pela falta de controle da poluição e pelo manejo inadequado dos recursos hídricos disponíveis. O Brasil é considerado o país com a maior reserva de água potável no mundo, mas essa distribuição em seu próprio território é desigual, o Nordeste brasileiro contém apenas 7% da capacidade hídrica do país, mas possui uma população de aproximadamente 29%, sendo assim vemos que o acesso e distribuição de água precisa de muitos avanços.

Acredita-se que o Brasil tenha em torno de 8% da reserva mundial de água doce. Porém de todo este volume cerca de 80% está situada na Região da Amazônia, enquanto o restante dos 20% estão concentradas nas regiões que são ocupadas por 95% da população (ANA, 2002).

Ao contrário das guerras e das catástrofes naturais, a crise global da água não ocupa lugar de destaque nos títulos da imprensa. Também não galvaniza uma ação internacional concertada. Tal como a fome, a privação do acesso à água é uma crise silenciosa suportada pelos pobres e tolerada por aqueles que dispõem dos recursos, da tecnologia e do poder político para acabar com ela. (RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO, 2006, p. 9)

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006, nosso planeta possui uma quantidade de água em quantidade suficiente para fins domésticos, agricultura e para a indústria. O problema é que algumas pessoas são sistematicamente excluídas do acesso pela sua pobreza, pela falta de aplicação dos seus direitos básicos à vida e por políticas que não regularizam obras públicas, que limitam o acesso às infraestruturas de abastecimento que são responsáveis por fornecem água para a vida e para a subsistência.

Em nosso planeta temos que 97,5% da água é salgada. Da parcela de água doce, 68,9% estão alocadas nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% estão presente nos solos em forma de umidade e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MMA, 2009).

A água doce não está distribuída uniformemente pelo globo. Sua distribuição depende essencialmente dos ecossistemas que compõem o território de cada país. Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial, (MMA 2009).

Postel (1992), propõe que a água do planeta sempre está se renovando, pois uma pequena fração dela sempre se transformando em água doce, através dos processos de evaporação e transpiração. Segundo a autora cerca de 400.000.000 m³ de água do mar são transferidos dos oceanos para a terra, anualmente, fazendo assim com que o suprimento de água doce no planeta seja renovado em quantidade superior à demanda mundial necessária.

Em Londrina, o abastecimento de água abrange, atualmente aproximadamente 99,98% do município, realizado, atualmente, pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). O processo é realizado pela captação de água

superficial em dois pontos diferentes, um localizado no Ribeirão Cafezal e outro no Rio Tibagi. Além destes locais, existem mais nove poços para captação de água subterrânea que são utilizados para o abastecimento público, segundo a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo (CMTU, 2008).

Na sede municipal o consumo médio é de 2.418.519 m³/mês distribuídos em cinco categorias. A categoria residencial é responsável por aproximadamente 79,0% do volume médio mensal de água consumido na sede municipal, seguida da comercial que corresponde a 9,8% do total. As outras categorias, industrial, poder público e utilidade pública apresentam uma menor representatividade no consumo total (LONDRINA, 2008).

O Campus Londrina foi inaugurado em fevereiro de 2007, funcionando de maneira provisória no prédio da FUNTEL, contendo apenas o curso de Tecnologia em Alimentos. Em 2009, foi transferida para o campus atual, na Gleba Lindóia, na Estrada dos Pioneiros, região leste da cidade, onde o Campus está sendo construído em um terreno doado pela Prefeitura de Londrina (UTFPR 2014).

3.2 USO E REÚSO DA ÁGUA.

De acordo com Macuso (2003), o conjunto das atividades humanas associado ao crescimento demográfico vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades.

Para Gonçalves et. al. (2006), a circulação de água em uma área urbana, é apenas uma etapa de um ciclo muito maior de circulação de água na natureza. Este subsistema é denominado de “ciclo urbano” de água, o qual contempla as principais estruturas de uma cidade, como os sistemas públicos de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e também de captação de águas pluviais.

O autor ainda propõe que a água é utilizada em todos os segmentos da sociedade, e que também está presente em setores como uso doméstico, comercial industrial, público e agrícola. Ressalta também que o desperdício é caracterizado pelo uso inadequado, ou seja, pelo uso de quantidades que vão além do necessário para realização de determinada tarefa.

De maneira geral, hoje temos que a maior parte da água doce no mundo é usada na agricultura, em que seu valor chega a enormes 70%. Enquanto isso uso doméstico aparece bem abaixo com apenas 24% do volume (TERPSTRA, 1999).

Para Rebouças (2003), a agricultura é líder no consumo de água devido em grande parte pelo alto desperdício causado em seus sistemas, muitas vezes por falta de controle no uso dos recursos hídricos, má condições dos equipamentos e também pelas técnicas ultrapassadas que não tem o intuito de preservar ou reduzir o uso de água. O desperdício de água estimado na agricultura é de cerca de 60% de toda a carga fornecida para o setor.

De acordo com a Agência Nacional de Água (ANA, 2003), no Brasil dos 2.178 m³/s de água que representam a demanda total no país em 2003, aproximadamente 56% deste volume fora utilizado na agricultura de irrigação, 21% para os meios urbanos, 12% foram destinados para as indústrias e os demais 12% para o uso rural.

Tendo como objetivo diminuir os impactos ambientais causados pelas ações do homem aos recursos hídricos, é sempre necessário procurar por fontes alternativas de abastecimento de água. É com essa premissa que se busca o reaproveitamento de águas.

Como uma das maiores preocupações da humanidade atualmente, a busca de tecnologias verdes, ambientalmente corretas, para o reúso da água, vem sendo fazendo parte cada vez mais do cotidiano das pessoas. Industrias a cada dia mais estão preocupas em fazer o controle do uso deste recuso, tanto por questões ambientais quanto financeiras. O uso doméstico também vem sendo drasticamente alterado por este princípio de sustentabilidade, pois de forma similar, o uso racional e o reúso da água são métodos de economia tanto do recurso quanto do financeiro (CASTRO, 2006)

De acordo com Pes (2009), o princípio da prevenção ambiental tem como finalidade evitar lesões ao meio ambiente, algo que implica diretamente na antecipação das situações que são potencialmente perigosas, de origem tanto natural quanto humana, ou seja, o cuidado com o meio ambiente por meio de técnicas conservadoras ajuda não somente a preservar ele, mas também evitar com danos maiores sejam causados.

Para Oliveira¹ et. al. *apud* Hespanhol e Gonçalves (2010), a conservação da água pode ser definida como praticas, técnicas e tecnologias que são empregadas para que possam propiciar uma melhoria na eficiência do seu uso, atuando tanto na demanda como na oferta.

O reúso da água é todo processo de utilização da água por mais de uma vez, podendo ou não ser tratada, tendo como objetivo preservar a água potável para o uso humano. A água de reúso pode ser enquadrada em quatro categorias que são, reúso direto ou indireto e planejado ou não planejado (OLIVEIRA, 2010).

Oliveira et al. (2010), afirmam que vários países estão utilizando águas residuárias domésticas na agricultura, por que essa medida além de ser ecologicamente correta ajuda a atenuar a escassez nas regiões com climas áridos e semiáridos e também na redução de fertilizantes e deste modo diminuindo os impactos ambientais.

As águas de qualidade inferior, como as águas residuárias, particularmente as domésticas devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura; assim, uma nova tática de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “o reúso de água”. Aproximadamente 500.000 há de terras agrícolas, em cerca de 15 países, estão sendo irrigados com águas residuárias domésticas, entre eles Israel detêm um dos mais ambiciosos programas de reutilização de águas, sendo que 70% das águas residuárias do país são reutilizadas para a irrigação de 19.000 ha. Cerqueira et al. (2008, p .12)

Descrevendo novamente Cerqueira (2008), o reúso planejado dessas águas residuárias na agricultura pode ser considerado um fato de grande ajuda para minimizar a falta de água nas regiões semiáridas, bem como também por conta da composição destes efluentes que contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e potássio, em certas quantidades, podem diminuir o uso de produtos agroquímicos nas plantações. A Tabela 1, mostra a viabilidade do reúso de água.

¹ OLIVEIRA, M.N; SILVA, M.P; CARNEIRO, V.A. **Reúso de água:** um novo paradigma de sustentabilidade. Goiás, 2010.

Tabela 1: Viabilidade do reúso da água

REÚSO URBANO DA ÁGUA	VIABILIDADE
Fins potáveis	Alternativa inviável. Contém vírus, produtos químicos, industriais, medicamentos, metais pesados, resíduos residenciais entre outros, que não são removidos pelos sistemas de tratamentos convencionais
Fins não potáveis	Alternativa viável. Utiliza-se tratamento físico-químico para complementar o tratamento dos efluentes biológicos

Fonte: Oliveira (2010).

3.3 LEGISLAÇÕES QUE REGEM O REÚSO DE ÁGUA

A discussão sobre a escassez da água vem se tornando cada vez mais comum em debates sobre preservação do meio ambiente, e este tema tem como principal enfoque o desperdício e o mal uso dos recursos hídricos, porém a solução para este problema já é comum à sociedade há anos, o reaproveitamento da água.

Este assunto se torna cada vez mais importante devido ao nível atual de poluição e demanda de consumo, e sabendo que a quantidade de água na terra não muda. Por este motivo devemos promover ações e tecnologias que visem o melhor reúso e aproveitamento de água, para que assim possamos evitar uma possível catástrofe mundial (CHEIS, 2013).

A questão de normas técnicas em nosso país, quando se trata de reúso de águas ainda há muito o que evoluir, existem basicamente duas normas que tratam deste assunto, a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54 de 28 de novembro de 2005 e a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR) 13.969/1997, esta segunda que possui uma abrangência nacional, explica, Cheis (2013).

Em sua resolução o CNRH nº 54/2005, ainda que brevemente descreve quatro modalidades para a realização do reúso direto não potável e para diversos fins. Modalidades as quais são descritas no art. 3º da sua resolução.

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (CNRH N° 54/2005)

Enquanto a resolução CNRH n° 54/05 é uma norma de uso mais geral, a NBR 13.969/97 é uma diretriz que aponta critérios mais estabelecidos e precisos, apesar de não ser específica sobre o reúso, ela apresenta um item que especifica algumas definições para classes de água de reúso e de parâmetros de qualidade.

A Tabela 2, exemplifica os parâmetros adotados pela ABNT NBR 13.969/97.

Tabela 2: Parâmetros de reúso pela NBR 13.969.

Classe	Tipo de uso
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos;
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafariz;
Classe 3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários;
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Fonte: ABNT NBR 13.969/97 (1997).

Além das normas citadas acima, existem várias outras normas municipais que regem diretrizes para esta questão. Dentre as cidades que possuem normas para o reaproveitamento da água, pode-se citar a cidade de São Paulo.

Na cidade de São Paulo a lei de regulamentação do reúso da água de chuva é a Lei nº 13.276/2002, que tem como objetivo minimizar o escoamento superficial, esta lei ficou popularmente conhecida como “Lei das Piscininhas”.

Como fora mencionado acima não há uma norma específica para o reaproveitamento de água, por causa deste fato várias empresas buscam alternativas diferentes, como buscar diretrizes internacionais, como da Organização Mundial da Saúde (OMS) ou da Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA).

Mesmo com a falta de normas específicas o problema, muitas cidades que apresentam grave índices de escassez de água ou que buscam um melhor desempenho ambiental, realizaram medidas próprias.

3.4 MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem matemática pode ser vista como sendo um conjunto de etapas que tem como objetivo principal fornecer uma descrição matemática de um fenômeno real. Essa descrição, que é realizada através de equações, é chamada de modelo matemático (ANTUNES 2010).

Para Christofletti (1999), um modelo é definido com uma representação simplificada do mundo real ou de algum de seus aspectos, de modo que seja possível reconstruir a realidade e prever comportamentos, transformações e evoluções.

Desta forma, o mesmo autor, afirma que, os modelos funcionam como uma ponte entre a observação e as proposições teóricas, devendo ser construído com objetivos claros, delimitando aquilo que podem prever.

Segundo D'Ambrosio (1986, p. 25),

A criação de Modelos Matemáticos vem ao encontro da necessidade de que se desenvolva uma técnica de acesso ao conhecimento e, tal conhecimento, acumulado e depositado, deverá ser acessível a vários níveis de necessidade. E que haja uma forma de ensino mais dinâmica, mais realista e menos formal, mesmo no ensino tradicional, permitindo atingir objetivos mais adequados a nossa realidade.

Oдум (1988), afirma que muitas vezes um número relativamente pequeno de variáveis é suficiente para representar sistemas naturais complexos, pois, frequentemente, apenas alguns “fatores chaves” controlam grande parte dos processos ocorridos. Deste modo não se pretende que os modelos sejam representações fiéis do mundo real, mas sim, que sejam simplificações reveladoras dos processos principais, necessários a predição do comportamento do sistema.

De acordo com Antunes (2010), atualmente a modelagem é uma ferramenta a qual pode ser utilizada nas mais diversas áreas, como por exemplo: no estudo da proliferação de doenças infecciosas, produção de matérias para construção civil, efeitos biológicos de radiações, movimentação de animais, movimento de rios, estratégias de vacinação, teoria da decisão, crescimento de cidades, tráfego urbano, controle biológico de pragas, projeções, entre outros.

Nota-se assim que o processo de modelagem é interdisciplinar por natureza, tendo em vista que este processo faz uso dos resultados e os instrumentos de outras áreas como ponto de partida para o seu desenvolvimento (ANTUNES, 2010). Os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois eles podem auxiliar na análise de consumo de água em um empreendimento, por exemplo.

3.5 SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DO REÚSO DA ÁGUA

Para que o equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade seja alcançada, para que assim a sustentabilidade social e econômica seja garantida, é necessária a realização de estudos de medidas e sistemas com propostas alternativas, a fim de que estes sejam desenvolvidos e aplicados nos sistemas de gestão de recursos hídricos (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, FIESP, 2005)

Dentre essas medidas podem ser destacadas, de forma prioritária a redução nas perdas e a aplicação de tecnologias que visem economizar água, bem como também a diminuição na geração de efluentes que apresentem características danosas ao meio ambiente. Outros métodos complementares são o de medição individual dos registros em condomínios, concomitantemente com o reúso de águas

pluviais tem se mostrado algo que segundo FIESP (2005), promove uma redução de pelo menos 25% no consumo.

De modo geral, quando se estuda um programa de conservação para o uso de água, o principal e primeiro objetivo deve ser o uso racional do recurso, ou seja, evitar que desperdícios aconteçam, deve-se também sempre se preocupar com a aquisição de equipamentos que consumam menores volumes de água e por último deve se verificar a possibilidade da troca de fonte de captação (FIESP, 2005).

3.6 HISTÓRICO UTFPR

A história da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), teve seu começo no início século passado. Começou com a criação das Escolas de Aprendizes Artífices em várias capitais do país pelo então presidente, Nilo Peçanha, em 23 de setembro de 1909 (UTFPR-LD 2014).

Em 1978, passou a se chamar Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (Cefet-PR), passando oferecer cursos de graduação. A partir da implantação dos cursos superiores, nas décadas de 80 e 90, com a criação dos Programas de Pós-Graduação (UTFPR-LD 2014).

No dia 7 de outubro de 2005. O então Cefet-PR, então, se tornou Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Atualmente, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná conta com 13 campus, distribuídos nas cidades de Londrina, Apucarana, Medianeira, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Curitiba, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Guarapuava, Pato Branco, Ponta Grossa, Santa Helena e Toledo (UTFPR-LD 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO.

O campus localizado na cidade de Londrina da UTFPR atualmente (Figura 1), oferta seis cursos de graduação. O Campus Londrina conta com cerca de 1.350 alunos, 146 professores e 65 servidores técnico-administrativos (UTFPR-LD 2014).



Figura 1: Campus UTFPR – Londrina Fonte: Google Earth 2014.

Situado na zona leste da cidade, está localizada na Avenida dos Pioneiros 3131. Possui em sua estrutura quatro blocos com mais dois em processo de finalização, uma biblioteca, um restaurante universitário, quadra poliesportiva coberta e uma estufa. Seu terreno possui uma área de aproximadamente de 75470 m² (Figura 2).



Figura 2: Campus UTFPR – Londrina Fonte: Google Earth 2014.

4.2 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

Os dados para a realização do trabalho dos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia de Materiais, foram fornecidos pela UTFPR- Campus Londrina de valores em reais e consumo de água em metros cúbicos dos anos de 2010 a 2014, onde foi quantificado o consumo mensal *per capita*, considerando: água para beber, aparelhos sanitários e abluções diárias, como mãos e rosto, e foi calculado a projeção do consumo com a entrada de novos alunos a cada semestre letivo e a cada novo curso instalado no campus.

Desta forma, foi elaborado uma linha de tendência que descreve o comportamento do consumo em relação ao aumento de aluno a cada semestre, tendo como base os dados entre 2010 e 2014.

Não foi possível, para este trabalho, considerar os demais cursos e alunos que são ofertados no campus, pois não havia como obter dados com os quais pudessem ser trabalhados com confiança, pois a universidade no ano de 2015 mudou o sistema de gestão e os dados de números de alunos gerados por este novo sistema estavam apresentando discrepâncias muito grandes em relação à realidade, então foram usados dados de apenas os cursos de Engenharia Ambiental e Materiais, pois estes dados foram obtidos antes da troca do sistema de gestão, e quando havia somente estes dois cursos de engenharia disponíveis no campus.

4.3 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS

Para este trabalho foram consideradas como variáveis de estudo, o número total de alunos nos cursos de graduação, o consumo mensal de água em metros cúbicos (m^3), não foram analisados os gastos em reais (R\$), pois estes sofrem muitas variações, tendo seus valores de cobrança reajustados com grande frequência.

O número total de alunos varia a cada semestre, tendo em vista que a cada semestre que se inicia há uma quantidade fixa de novos alunos ingressantes. A quantidade de alunos que entram na faculdade a cada semestre é diretamente proporcional à quantidade de cursos ofertados no semestre.

A cada semestre em que há a entrada de novos alunos, ocorre também a saída de alguns, devido a desistência ou outros motivos. Isso acarreta em uma redução no número total de alunos, de forma que o crescimento da população é resultante do saldo entre alunos ingressante e de alunos que saem.

Outra consideração que foi proposta é que, em um prédio universitário, o consumo de água não é o mesmo de uma residência, pois certas atividades como tomar banho, cozinhar alimentos, lavar louça, que são realizadas em uma residência não são realizadas em um prédio universitário.

Tendo isso em vista foi apenas considerado que o consumo de água realizado pelos alunos em um campus se caracteriza por água para beber, aparelhos sanitários e abluções diárias, como mãos e rosto.

A Tabela 3, é adaptada de Gonçalves *et al* (2006) e Jesus (2008), exemplifica o que foi coletado de dados, e mostra o consumo médio de água relativo para cada atividade.

Tabela 3: Consumo médio de água per capita em universidade.

Atividades	Litros
Água para beber	02
Abluções diárias	0,65
Aparelhos Sanitários	8

Fonte: Próprio autor, adaptado de Gonçalves *et al.* (2006) e Jesus (2008).

Como visto na Tabela 3, as atividades consideradas para este trabalho, consomem em média 10,65 litros de água por dia por pessoa.

Com base nisso foi elaborada a Equação 1 para que seja possível representar o consumo total de água por esses alunos.

$$Cm = (10,65DIAt_n)10^{-3} \quad (m^3) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

At_n = Número total de alunos.

Cm = Consumo mensal em m^3 .

DI = Dias letivos no semestre.

4.4 DEFINIÇÃO DE EQUAÇÕES

Nesta etapa foram feitas as relações das equações que serão usadas para fazer as estimativas de consumo.

Foram usados dois jogos de equações e comparados os seus resultados para ver qual método numérico é o mais apropriado para se fazer projeções e qual o menos indicado.

A primeira foi proveniente do software de cálculo numérico Maple 12. Com este foram feitos algoritmos dos métodos numéricos de Newton, Lagrange e Gregory – Newton. Tendo em mãos as equações fornecidas pelos algoritmos, foi utilizado apenas a equação fornecida pelo método de Newton para realizar o estudo, o motivo foi abordado mais à frente.

A segunda equação foi proveniente do software Microsoft Office Excel 2013. A equação fora extraída do gráfico dos dados, onde foram feitas linhas de tendência e a partir delas obtidas as equações que as represente.

Para que fosse possível obter a real equação do número total de alunos que frequentam a faculdade, foi mudado a forma de representar o montante de alunos.

Foi realizado de tal modo que não mais os alunos estão representados por cursos, mas sim por um somatório semestral dos mesmos, ou seja, o número total de alunos em um semestre é igual ao número de alunos totais na faculdade no dado semestre.

4.4.1 Equações pelo Maple 12

Este segundo jogo de equações foi obtido pelo uso de algoritmos do software Maple 12.

Os algoritmos usados para fornecer as equações foram feitos em parte nas aulas de cálculo numérico e parte durante a realização deste trabalho. Para que seja possível extrair uma equação polinomial de um conjunto de pontos, foram usados métodos de interpolação iterativos.

Os métodos de interpolação que foram usados para se obter as Equações 2, 3 e 4 foram os de métodos numéricos de, Lagrange, Newton e Gregory – Newton, respectivamente.

4.4.1.1 Forma de Lagrange

```
> Lagrange := proc(xt,yt,n)
```

```
local j, L, k, produto1, produto2;
```

```

global p;

p:=0;

Digits:= 3;

for k from 1 to n do

produto1:=1;

produto2:=1;

for j from 1 to n do

if (k <> j) then

produto1:=produto1*(x-xt[j]);

produto2:=produto2*(xt[k]-xt[j]);

end if;

end do;

L[k]:=produto1/produto2;

p:=p+yt[k]*L[k];

end do;

print(evalf(simplify(p)));

end:

> xt:=Vector([1,2,3,4,5,6]):

> yt:=Vector([ n1, n2, n3, n4,n5,n6]):

> lagrange(xt,yt,6);

```

$$y = 1,06x^5 - 18,2x^4 + 118x^3 - 354x^2 + 558x - 111$$

Eq. (2)

4.4.1.2 Forma de Newton

```
> newton:= proc(xt,yt,n)
```

```

local A, i, j, produto;
global p;
A:=Matrix(n,n);
Digits:= 3;
for i from 1 to n do
A[i,1]:=yt[i];
end do;
for j from 2 to n do
for i from 1 to (n+1-j) do
A[i,j]:=(A[i+1,j-1]-A[i,j-1])/(xt[j+i-1]-xt[i]);
end do;
end do;
p:=0;
produto:= 1;
for j from 1 to n do
p:= p+ (produto * A[1,j]);
produto:= produto * (x-xt[j]);
end do;
print(evalf(simplify(p)));
end:
> xt:=Vector([1,2,3,4,5,6]):
> yt:=Vector([ n1, n2, n3, n4,n5,n6]):
> newton(xt,yt,6);

```

$$y = 1,06x^5 - 18,2x^4 + 118x^3 - 354x^2 + 558x - 111$$

Eq. (3)

4.4.1.3 Forma de Gregory -Newton

```

> newton:=proc(xt,yt,n)
local a,i,j,prod;
global p;
a:=Matrix(n,n);
Digits:=3:

for i from 1 to n do
a[i,1]:=yt[i];
end do;

for j from 2 to n do
for i from 1 to (n+1-j) do
a[i,j]:=(a[(i+1),(j-1)]-a[i,(j-1)])/(xt[j+i-1]-xt[i]);
end do;
end do;

p:=0;
prod:=1;
for j from 1 to n do
p:=(p+(prod*a[1,j]));
prod:=(prod*(x-xt[j]));
end do;
print(evalf(simplify(p)));
print (a,2);

```

end:

```
> xt:=Vector([1,2,3,4,5,6]):
```

```
> yt:=Vector([ n1, n2, n3, n4,n5,n6]):
```

```
> newton(xt,yt,6);
```

$$y = 1,06x^5 - 18,2x^4 + 118x^3 - 354x^2 + 558x - 111 \quad \text{Eq. (4)}$$

4.4.2 Equações pelo Microsoft Excel

O Gráfico 1, foi gerado com o auxílio do software computacional Microsoft Excel 2013. Nele foram lançados os valores correspondentes ao número de alunos dos cursos de Engenharia Ambiental e Materiais. Com os valores foi plotado uma serie de pontos em um gráfico e em seguida retiradas duas linhas de tendência, uma polinomial e uma linear. Neste gráfico estão amostrados os dados de número de alunos nos anos de 2010 a 2012 que foram fornecidos pela universidade.

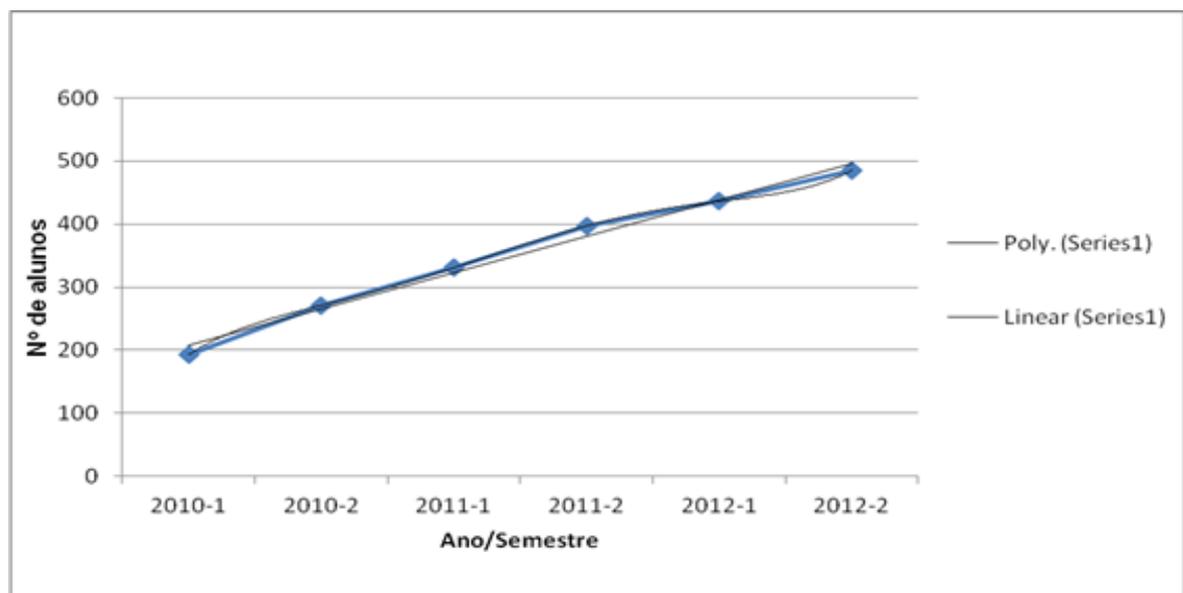


Gráfico 1: Número de alunos por semestre.

Como dito anteriormente, tendo como base as ferramentas matemáticas do Excel, foram obtidas duas Equações 5 e 6 de tendência distintas, uma de grau um (X), linear, e outra de grau cinco (X⁵). As Equações 5 e 6 foram provenientes da linha de tendência, que é feita quando se tem dois ou mais pontos distintos em um gráfico.

$$y = 57,743x + 150,07 \text{ com } R^2 = 0,9881 \text{ e} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$y = 1,0583x^5 - 18,25x^4 + 117,71x^3 - 354,25x^2 + 557,73x - 111 \text{ com } R^2 = 1 \text{ Eq. (6)}$$

No Gráfico 1, a opção que melhor se enquadra nos dados é a função polinomial de grau cinco (Equação 6), pois temos seis pontos no mesmo.

Com base nos dados disponíveis pela UTFPR- campus Londrina é possível escolher uma linha de tendência que melhor se enquadra no conjunto de pontos.

Para determinar se uma equação extraída do conjunto de pontos é adequada, deve ser realizado o teste o valor de R², que varia de 0 a 1. Sendo zero uma equação que não é adequada para o conjunto de pontos e um para uma equação que se enquadra de forma perfeita no intervalo.

Como é possível observar pelo valor de R² da Equação 6 é a que melhor se encaixa no conjunto de pontos. Porém, nem sempre a equação que se enquadra melhor no intervalo definido é a mais adequada para um estudo a longo prazo, motivo este explicado posteriormente.

4.5 COLETA DE DADOS

Os dados para este trabalho foram adquiridos em conjunto com as diretorias de planejamento e administração (DISPLAD) e diretoria de graduação (DIRGRAD) do campus Londrina da UTFPR. Com estes dados foi possível estimar o consumo de água na faculdade e o número de alunos dos cursos de graduação que estão regularmente matriculados nos cursos de Engenharia de Matérias e Ambiental.

4.5.1 – Amostragem dos dados coletados

Com base nos dados obtidos em conjunto com a universidade, foram geradas planilhas e gráficos para que a apresentação destes seja feita de forma mais prática e dinâmica. Todas as planilhas e gráficos foram gerados por meio do software Excel 2013.

Os dados coletados apresentam valores de consumo de água em m³ de janeiro de 2010 até dezembro de 2014, totalizando dez períodos letivos. E também do número total de alunos nos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia de Materiais. As Tabelas 4, a 8, representam esses dados.

A Tabela 4, detalha o consumo de água que foi gerado pela universidade no ano de 2010.

Tabela 4: Consumo de água na UTFPR-LD em 2010

Mês	Consumo (m³)
<i>Janeiro</i>	64
<i>Fevereiro</i>	183
<i>Março</i>	130
<i>Abril</i>	234
<i>Mai</i>	252
<i>Junho</i>	225
<i>Julho</i>	254
<i>Agosto</i>	262
<i>Outubro</i>	365
<i>Novembro</i>	344
<i>Novembro</i>	344
<i>Dezembro</i>	317

Fonte: UTFPR-LD 2015.

Por meio da Tabela 4, pode ser visto um grande aumento no consumo de água na universidade durante todo o ano, porém com um crescimento mais acentuado no início do ano, chegando a ter um aumento de mais de 100% entre os dois primeiros meses. Este crescimento acelerado pode ser causado por diversos fatores, como o início de um semestre letivo, começo de obras no campus. Também pode ser notado que mesmo nos períodos de férias o consumo ainda se manteve constante, pois nesta época se dava o início da construção de mais um bloco no campus.

Do mesmo modo, a Tabela 5, apresenta os dados de consumo de água, mas do ano de 2011.

Tabela 5: Consumo de água na UTFPR-LD em 2011.

Mês	Consumo (m³)
<i>Janeiro</i>	181
<i>Fevereiro</i>	251
<i>Março</i>	375
<i>Abril</i>	596
<i>Mai</i>	488
<i>Junho</i>	656
<i>Julho</i>	508
<i>Agosto</i>	431
<i>Setembro</i>	385
<i>Outubro</i>	392
<i>Novembro</i>	328
<i>Dezembro</i>	380

Fonte: UTFPR-LD 2015.

A partir da Tabela 5, pode-se observar um crescimento considerável no consumo de água em relação ao ano de 2010, tendo como maiores picos os meses de junho e julho. Da mesma forma como ocorreu em 2010 os consumos nos meses de férias ainda permanecem elevados devido à ocorrência de obras no campus, em exceções a janeiro onde, ao contrário de dezembro não há atividades dos alunos.

Tendo como base os dados fornecidos pela faculdade foi possível montar a Tabela 6, que se refere ao consumo no ano de 2012.

Tabela 6: Consumo de água na UTFPR-LD em 2012.

Mês	Consumo (m³)
<i>Janeiro</i>	122
<i>Fevereiro</i>	489
<i>Março</i>	256
<i>Abril</i>	402
<i>Mai</i>	249
<i>Junho</i>	151
<i>Julho</i>	113
<i>Agosto</i>	234
<i>Setembro</i>	235
<i>Outubro</i>	289
<i>Novembro</i>	224
<i>Dezembro</i>	235

Fonte: UTFPR-LD 2015.

Neste ano é possível observar que no início do ano o consumo tende a ser maior que dos anos anteriores, mas devido à greve dos professores, de maio a agosto, houve uma grande queda no consumo de água.

A Tabela 7, foi montada para que agrupasse os dados de 2013.

Tabela 7: Consumo de água na UTFPR-LD em 2013.
(continua)

Mês	Consumo (m³)
<i>Janeiro</i>	128
<i>Fevereiro</i>	177
<i>Março</i>	263
<i>Abril</i>	259
<i>Mai</i>	202
<i>Junho</i>	213

(continua).

Mês	Consumo (m³)
Julho	195
Agosto	212
Setembro	229
Outubro	214
Novembro	214
Dezembro	220

Fonte: UTFPR-LD 2015.

Tem-se que em 2013 é visto que há uma diminuição no volume de água consumida, este fato pode ser decorrência do fato de que não houve a construção de novos blocos, fazendo assim com que o consumo de água por este fator causasse uma redução no gasto total final.

A Tabela 8, foi montada para que agrupasse os dados de 2014.

Tabela 8: Consumo de água na UTFPR-LD em 2014.

Mês	Consumo (m³)
Janeiro	17
Fevereiro	13
Março	15
Abril	5
Mai	396
Junho	411
Julho	398
Agosto	485
Setembro	439
Outubro	518
Novembro	568
Dezembro	502

Fonte: UTFPR-LD 2015.

Pode ser visto que nos dois primeiros bimestres do ano os volumes estão muito abaixo dos registrados nos anos anteriores, este fato é devido à um problema

nos registros que não contabilizaram o volume de água gasto nesse período. Mas após isso é visto que o consumo retoma um crescimento acentuado.

Com base nos dados que foram obtidos em conjunto com a universidade, foram geradas planilhas e gráficos para que a apresentação destes seja feita de forma mais prática e dinâmica.

Os dados coletados apresentaram valores de consumo de água em m³ dos anos de 2010 até dezembro de 2014, totalizando dez períodos letivos. E também do número total de alunos nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental e Materiais. A Tabela 10, representam esses dados de forma mais clara e agrupados para melhor visualização e comparação.

Tabela 8: Consumo de água na UTFPR-LD de 2010 a 2014.

	2010	2011	2012	2013	2014	m ³ / mês
Janeiro	64	181	489	128	17	m ³
Fevereiro	183	251	256	177	13	
Março	130	375	402	263	15	
Abril	234	596	249	259	5	
Maio	252	488	151	202	396	
Junho	225	656	113	213	411	
Julho	254	508	234	195	398	
Agosto	262	431	235	212	485	
Setembro	365	385	289	229	439	
Outubro	344	392	224	214	518	
Novembro	344	328	235	214	568	
Dezembro	317	380	489	220	502	

Fonte: **UTFPR-LD 2015.**

Com os dados referentes ao volume consumido, fica mais perceptível como se dá o consumo de água no campus da universidade. Pode ser observado que não há um comportamento padrão para o consumo, pois este processo ainda sofre com muitas variações, sejam por períodos de estiagem, temperaturas baixas ou elevadas, construções de novos blocos entre outros.

Em 2014, devido ao problema no registro da medição de volume dos quatro primeiros meses do ano, tem-se a impressão de que o consumo foi reduzido, fato que não pode ser considerado como verdadeiro.

As representações dos dados referentes ao número de alunos regularmente matriculados nos cursos de Engenharia Ambiental e Materiais estão na Tabela 11.

Tabela 9: Número de alunos de graduação.

Ano/Semestre	Eng. Ambiental	Eng. Materiais	Número total de alunos
2010 / 1º	0	193	193
2010 / 2º	44	227	271
2011 / 1º	77	254	331
2011 / 2º	117	280	397
2012 / 1º	145	291	436
2012 / 2º	169	316	485

Fonte: UTFPR-LD 2015.

Por meio da Tabela 11 é visto que o número de alunos é sempre crescente, tendo em vista que a quantidade de alunos novos é maior do que a de alunos que deixam a faculdade, seja o motivo a desistência ou por formandos.

4.6 LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES

Algumas variáveis podem influenciar no consumo de água, como nível socioeconômico da população, quanto maior o potencial de renda, maior foi o

consumo *per capita*; horários e dias da semana, pois em alguns horários há um pico no consumo de água; fatores climáticos, locais com temperaturas mais elevadas tendem a apresentar um maior consumo, já locais com aumento na umidade relativa do ar possuem consumo reduzido.

Contudo, neste trabalho foi analisado variáveis mais específicas, no caso de se tratar de um campus universitário. Dessa forma, as possíveis variáveis que podem ser consideradas são uma possível greve de servidores ou professores, fazendo com que o campus apresente uma diminuição significativa no consumo durante este período; os meses de dezembro a janeiro, por serem férias escolares, também podem apresentar consumo reduzido; períodos de escassez de chuva apresentam maior necessidade de consumo de água, já que as cisternas não apresentariam reserva.

Neste trabalho em questão, foi estimado o aumento do consumo de água no campus universitário levando em consideração apenas o acréscimo de alunos nos cursos de graduação Engenharia Ambiental e Engenharia de Materiais pelos nos anos de 2012 à 2014.

Neste caso não foram desconsiderados picos de consumo de água, que podem ocorrer sistematicamente com a limpeza das cisternas, férias coletivas, greves e construção ou reformas no campus. Foi considerado apenas os consumos que sigam a tendência de aumento. Com isso, pode-se avaliar o consumo mensal de água na UTFPR, e verificar se houve aumento significativo no consumo.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 – ANÁLISE DOS DADOS

5.1.1 – ANÁLISE DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA

Com os valores mostrados nas Tabelas 5, a 10 foram construídos os Gráficos 2, a 7 para que se pudesse analisar as linhas de tendências de consumo e crescimento na quantidade de alunos.

O Gráfico 2, representa os dados de consumo do ano de 2010, e também a linha de tendência que os representa.

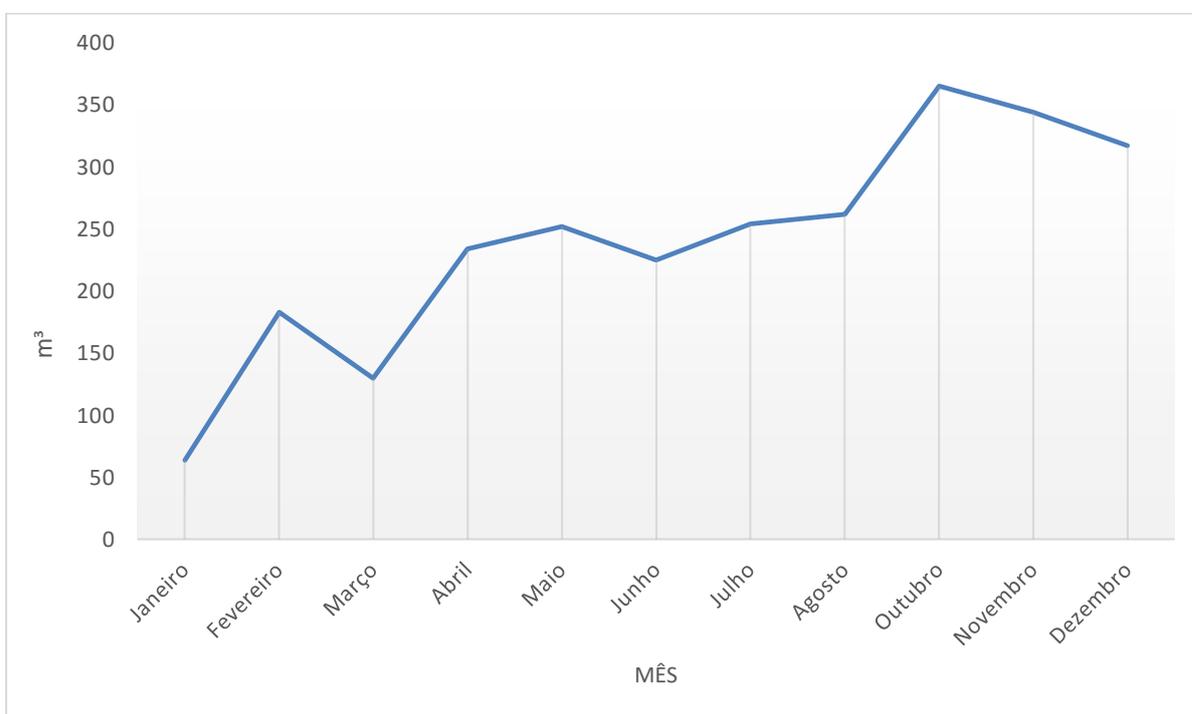


Gráfico 2: Consumo de água em 2010.

Com base na representação feita pelo Gráfico 2, observa-se que houve um aumento considerado no volume de água consumido durante o ano. Nota-se que os meses de menor consumo foram entre janeiro e março, enquanto que os de maior volume foram os meses de outubro a dezembro.

O Gráfico 3, representa os dados de consumo gerado no ano de 2011, bem como também a sua linha de tendência.

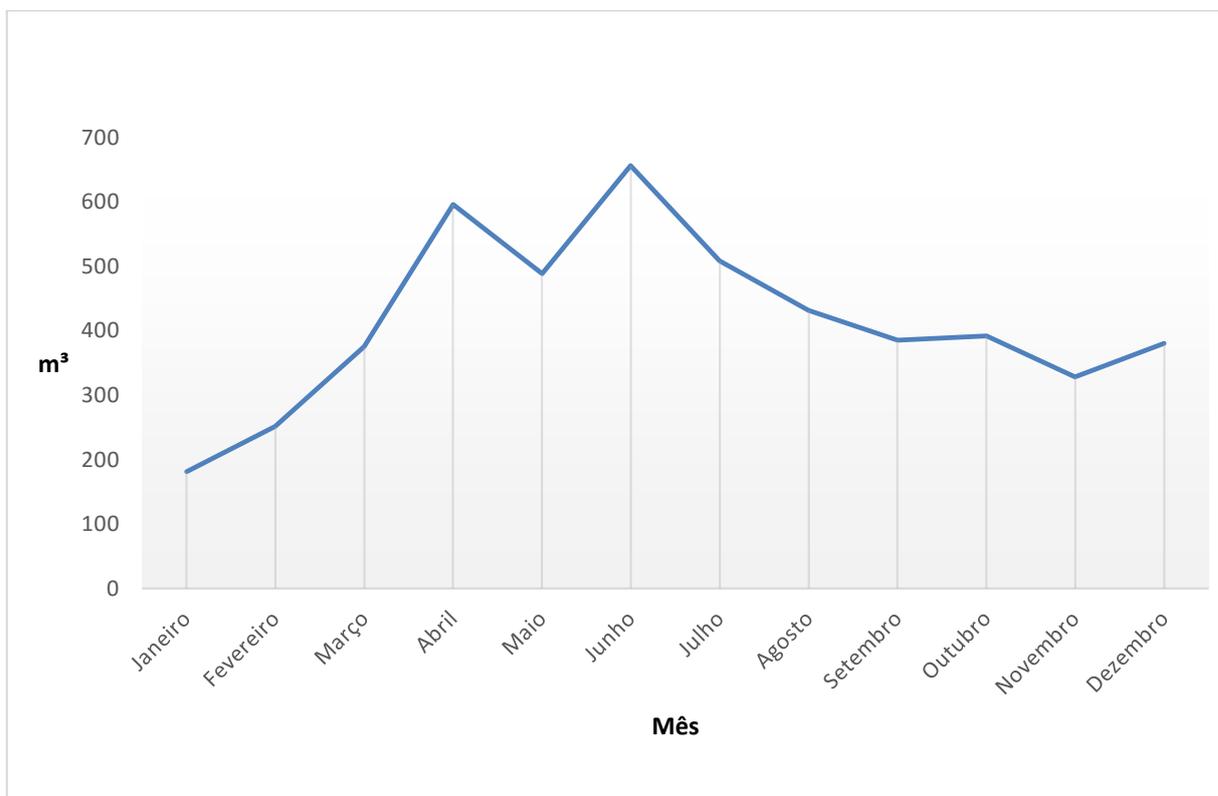


Gráfico 3: Consumo de água em 2011.

No Gráfico 3, pode ser observado que novamente os menores consumos estão nos primeiros meses, compreendidos entre janeiro e março, porém os meses de maior consumo são vicinais, abril, maio e junho. Mas de mesmo modo que o Gráfico 2, a linha de tendência mostra que sua tendência é de crescimento no volume consumido.

De forma análoga aos anteriores, o Gráfico 4, representa os dados da Tabela 6 que são referentes ao consumo de água no ano de 2012.

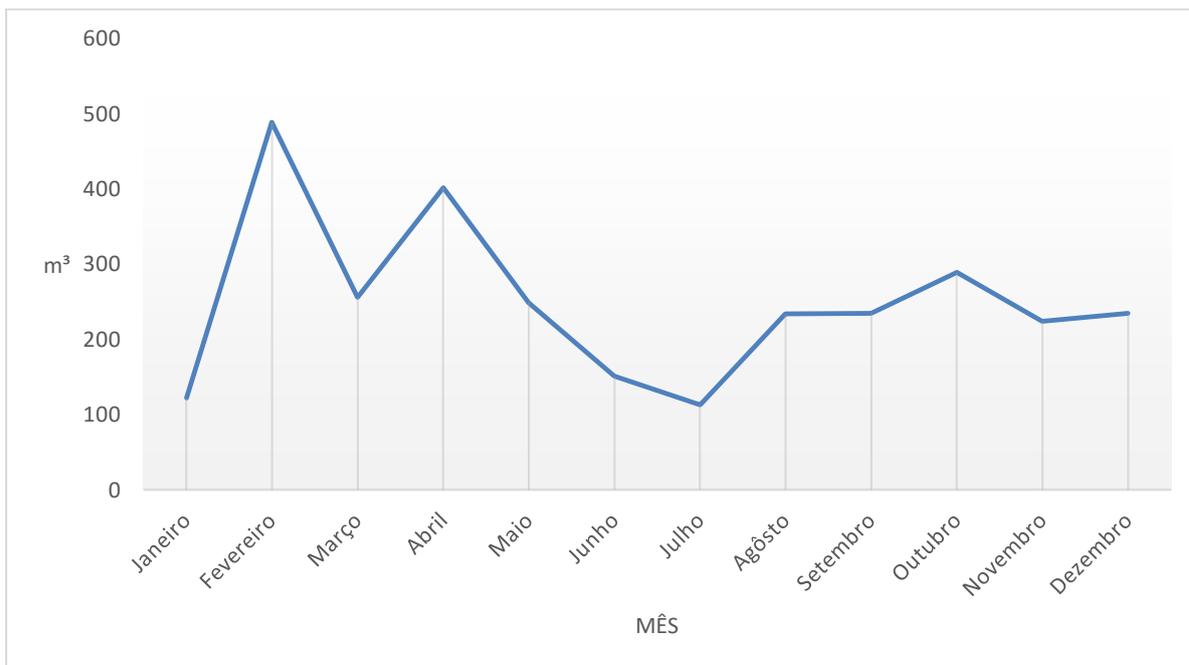


Gráfico 4: Consumo de água em 2012.

No Gráfico 4, observa-se um comportamento diferente em relação ao visto nos Gráficos 2 e 3, onde a tendência do consumo é ser decrescente, porém este fenômeno ocorre pelo fato de o consumo no mês de fevereiro ser muito elevado enquanto os demais meses são seguidos de volumes muito inferiores.

Uma razão para isso é que neste ano de 2012 ocorreu a greve nacional dos professores, fazendo com o que houvesse uma paralisação das atividades estudantis no campus nos meses de maio a agosto.

O Gráfico 5, mostra o volume de água consumido no ano de 2013.

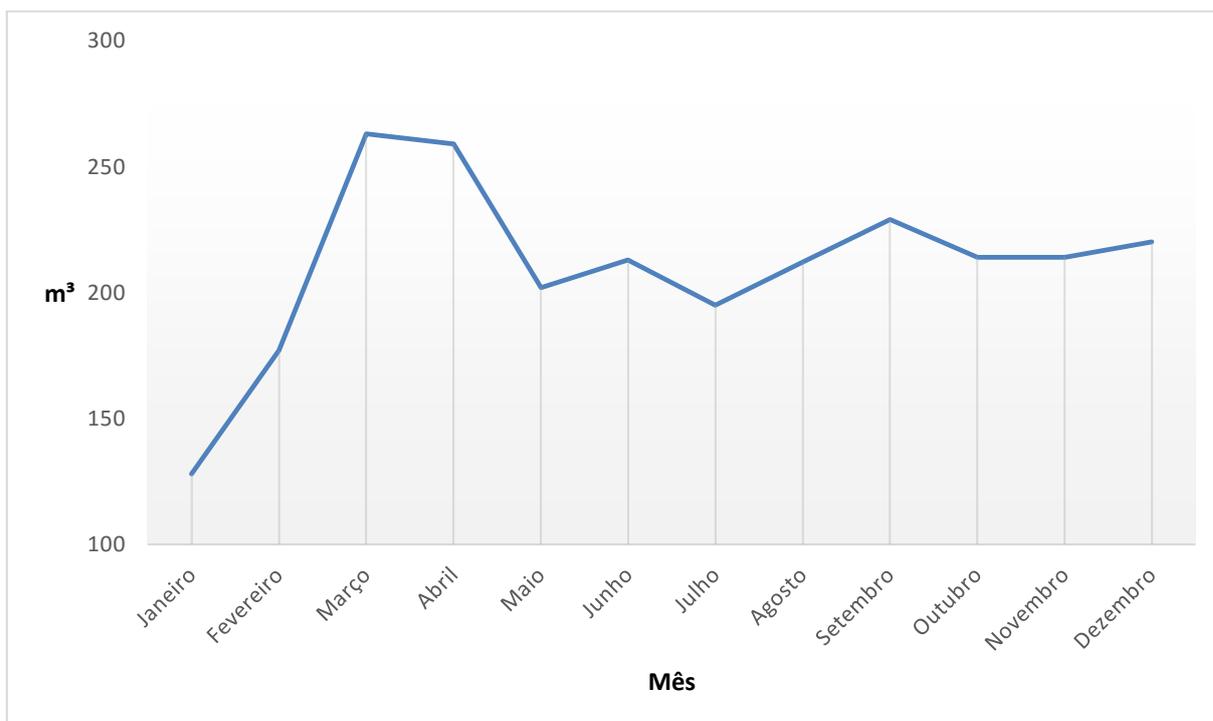


Gráfico 5: Consumo de água em 2013.

Por meio Gráfico 5, nota-se que o consumo retoma sua tendência de crescimento anual, com picos de consumo para os meses de março e abril, e volumes muito baixos nos dois primeiros meses do ano.

O Gráfico 6, representa a quantidade de volume que foi utilizado no ano de 2014 pela universidade.

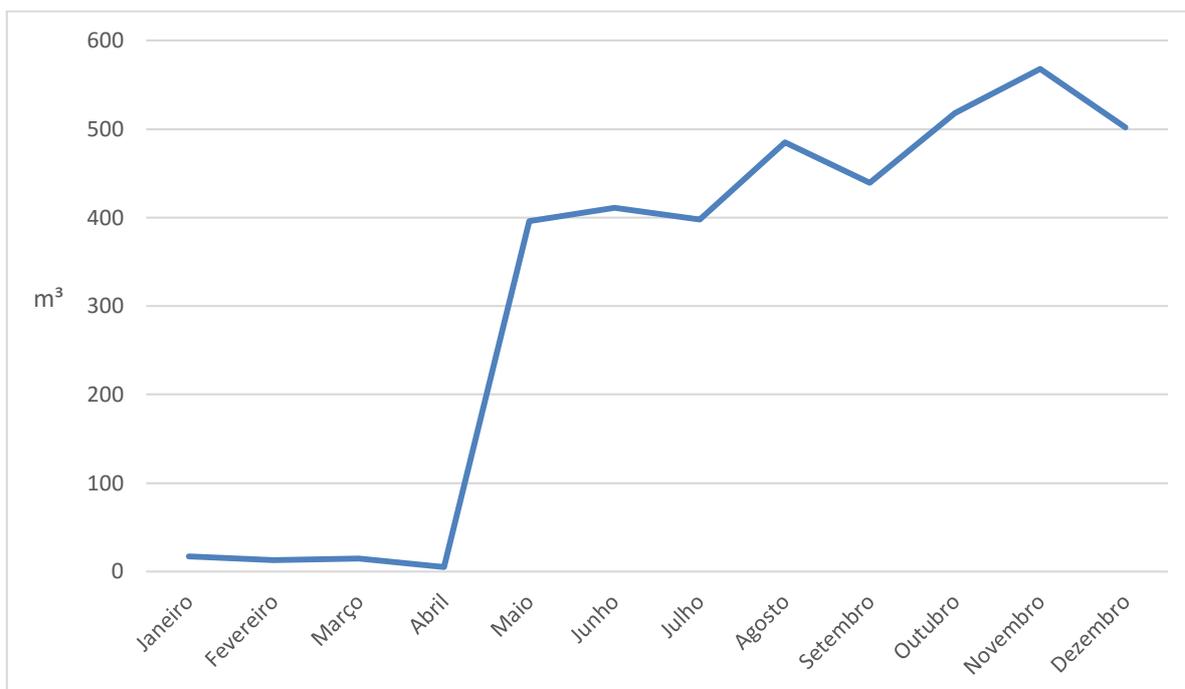


Gráfico 6: Consumo de água em 2014.

Como pode ser observado o Gráfico 6, apresenta dados muito que não estão de acordo com a realidade do que é consumido no campus, pois os volumes que estão representados nos meses de janeiro a abril não são valores de consumo reais. Como exposto anteriormente nesses meses houve um problema no registro que contabilizava as vazões e assim não pode ser feita uma aferição correta do que realmente fora consumido nestes meses.

Com base nos valores das Tabelas 4 a 8, e pelo comportamento dos Gráficos 2, a 6, observamos que o consumo de água na faculdade foi crescente. Entretanto foi possível ver que o consumo nestes anos se deu de maneira irregular, apresentando vários picos de consumo.

Tais irregularidades no consumo de água são consequências de diversos fatores, como um período com poucas chuvas e tempo mais seco, limpeza das cisternas, férias acadêmicas, feriados ou recessos mais prolongados e paralisações por greve.

Devem também ser considerados que nestes períodos analisados o campus passou por alguns processos de expansão, como a construção de novos blocos com salas de aulas e laboratórios, a nova biblioteca e também a construção do restaurante universitário.

Com essas obras ocorrem os gastos inerentes dos processos de construção e também pelos operários que trabalharam diariamente durante meses, e por consequência do trabalho pesado consomem grandes volumes de água.

Outros fatores que podem ser levados em consideração são possíveis erros de medição como ocorreu em 2014 nos meses de janeiro a abril, em que o volume medido ficou extremamente baixo devido a um erro no registro de vazão.

5.2 – ANÁLISE DOS DADOS DE NÚMERO DE ALUNOS

O Gráfico 7, representa os dados contidos na Tabela 11, a qual é sobre o números de alunos dos cursos de Engenharia Ambiental, Materiais bem como também o número total.

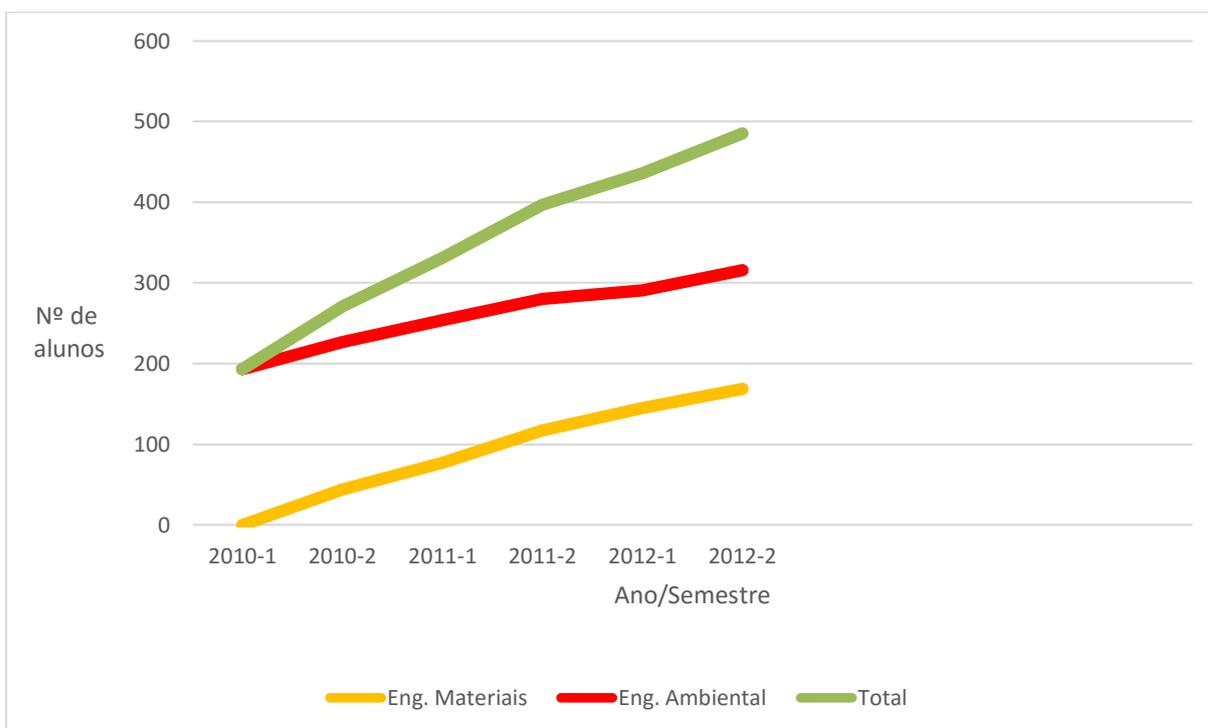


Gráfico 7: Número total de alunos.

Através dos dados obtidos, foi possível saber exatamente o número de alunos que estão regularmente matriculados na instituição, e que por consequência frequentam o campus.

Estes dados mostram de acordo com o Gráfico 7, quantos alunos estavam regularmente matriculados nos anos de 2010 à 2012 e por consequência a quantidade de alunos ingressantes a cada início de semestre letivo.

Tem-se que no primeiro semestre de 2010 o número de alunos no curso de Engenharia Ambiental era de 193 alunos, enquanto no curso de Engenharia de Materiais era de zero, pois o curso ainda não havia sido aberto.

Ao analisarmos o crescimento de alunos (Gráfico 7) do curso de Engenharia de Materiais vemos que ele aparenta ter um crescimento populacional maior em relação ao curso de Engenharia Ambiental. Isso ocorre pelo fato de que o número de alunos no curso de ambiental é maior, isso por sua vez acarreta em uma maior taxa de desistência, fazendo com que a razão entre o número de alunos que entram e os que saem seja menor.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA MODELAGEM

Para verificar os resultados, como foi exposto anteriormente, foram usados três métodos de verificação por meio de três jogos de equações.

A partir dos resultados obtidos, foram determinados se os modelos empregados poderiam ser considerados adequados para a tarefa que foram propostos. Analogamente, foi feita a interpretação dos resultados e do modelo matemático empregado.

Como base para o cálculo do consumo de água semestral no campus da faculdade, foi usada a Equação 1, que relaciona de forma direta o número de alunos, a quantidade de litros consumida e os dias letivos de um semestre.

Com os resultados obtidos por esta Equação 1, foram analisados e interpretados os modelos matemáticos.

6.1 – VERIFICAÇÃO DO MODELO DE ALGORITMO DE NEWTON

Para análise deste modelo, foi feito apenas o uso da Equação 3, obtida pelo algoritmo de Newton.

$$y = 1,06x^5 - 18,2x^4 + 118x^3 - 354x^2 + 558x - 111 \quad \text{Eq. (3)}$$

Ao analisar Equação 3 no intervalo de x de 1 a 6 pode ser visto que ela é bastante representativa, pois a função passa por todos os pontos do Gráfico 7.

Porém quando o intervalo é maior o seu comportamento muda e ela começa a apresentar um comportamento que não condiz com a realidade, pois ao passar do intervalo proposto para a interpolação seu crescimento passa a ocorrer de forma exponencial, deixando assim de se enquadrar na realidade proposta pelo modelo esperado.

Como mostrado na Figura 3, quanto mais distante for o valor de X da origem o comportamento se torna exponencial.

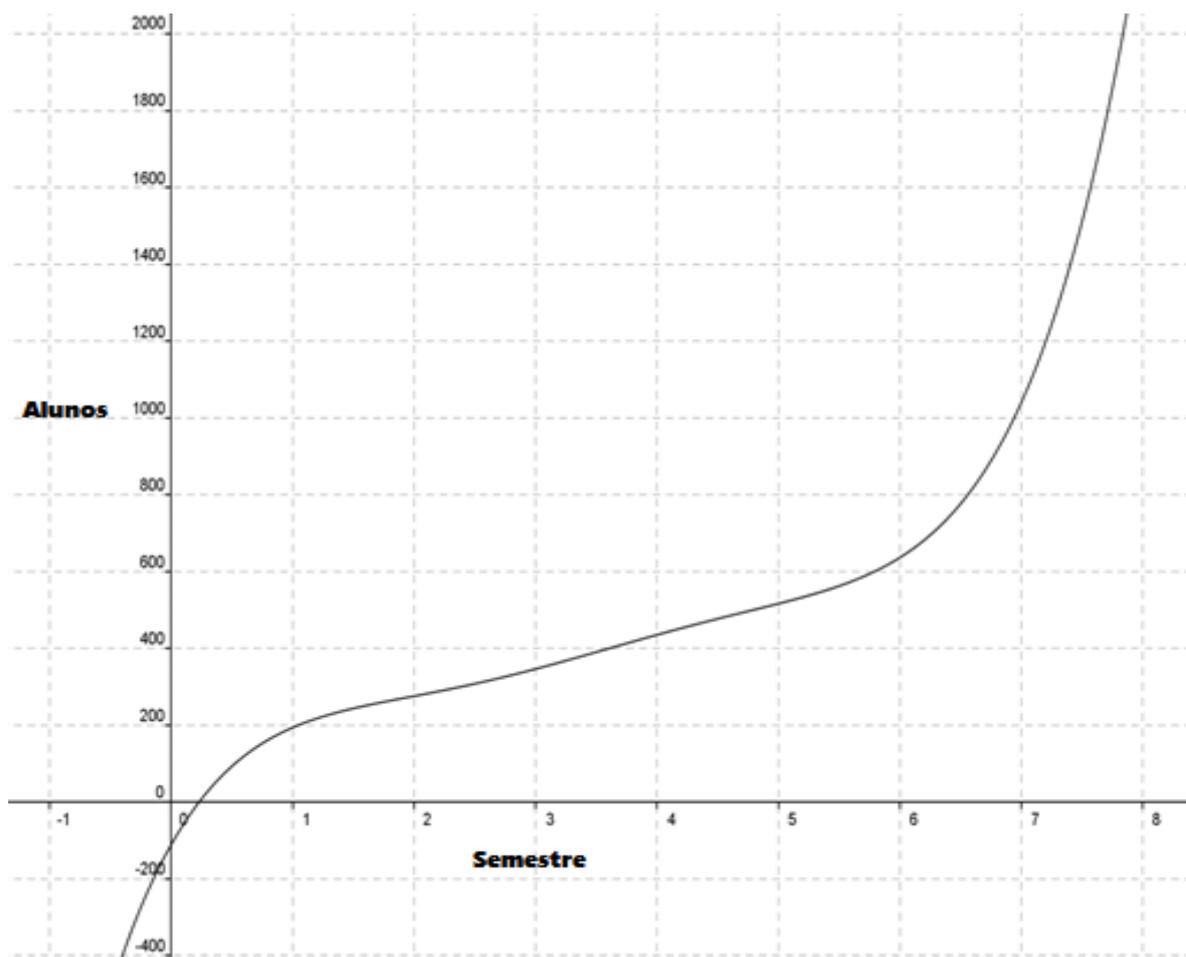


Figura 3: Imagem da Função de Newton, gerada pela Equação 3.

Analisando a Figura 3, observa-se que no intervalo proposto de 1 a 6 em x , seu comportamento é representativo para o assunto abordado.

Isso ocorre pelo fato de a função em questão ser uma função polinomial de grau cinco (x^5), o que acarreta em uma linha não linear de representação dos pontos, com pontos de máximo e mínimos. E também pelo fato de que esta função é simplesmente um ajuste de curva a um conjunto de pontos, por este motivo não é adequada para descrever o comportamento como um todo.

Deste mesmo modo verificamos que a Equação 6, retirada do Excel também não será representativa, Figura 4.

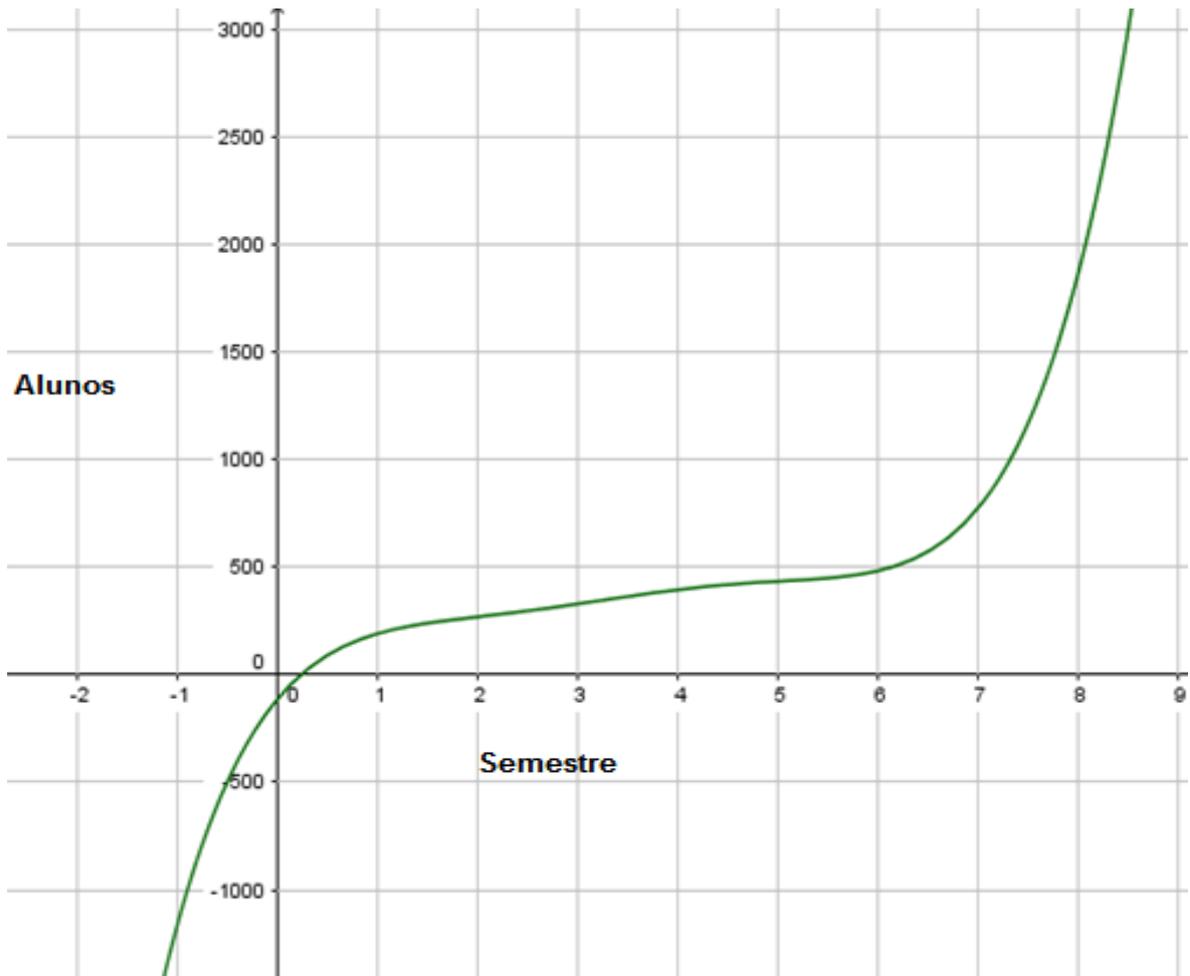


Figura 4: Imagem da equação 6.

Como exposto, a Equação 6, apresenta características similares à Equação 3, após o intervalo proposto, seu comportamento passa a ser exponencial e assim deixando de ser representativa para a realidade em que o estudo está inserido, comprovando assim que uma função polinomial não pode ser usada em uma projeção, mas sim somente para se ter uma equação mais exata do conjunto de pontos apresentados.

6.2 – VERIFICAÇÃO DO MODELO LINEAR

De forma contrária a Equação 6, uma equação linear é, de forma simples, mais adequada para se descrever o comportamento deste conjunto de dados.

Esta pode não ser a forma mais precisa para se encontrar um valor exato em um dado intervalo mais distante, mas comparada à polinomial ela apresenta um grau de adequação mais confiável para representar tendências com intervalos de tempo de maior duração.

Comparando a Equação 7 linear gerada pelo Método de Newton, com a gerada pela linha de tendência do Excel.

$$y = 78x + 115 \quad \text{Newton Linear (A)} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$y = 57,743x + 150,07 \quad \text{Excel (B)} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$y = 1,06x^5 - 18,2x^4 + 118x^3 - 354x^2 + 558x - 111 \quad \text{Newton Polinomial (C)} \quad \text{Eq. (3)}$$

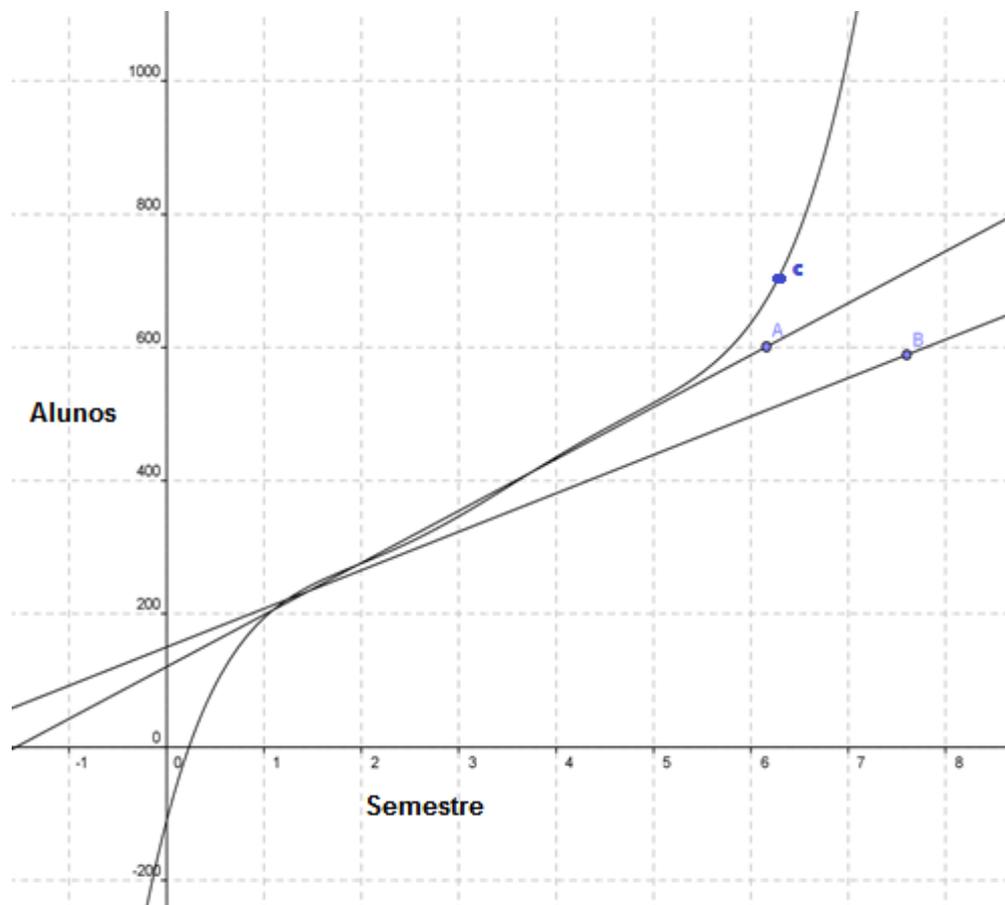


Figura 5- Comparação entre Newton Linear, Excel Linear e Newton Polinomial, Geogebra

É visto que elas apresentam um comportamento mais representativo quanto ao que é observado nos dados e na realidade. De forma mais precisa a Equação 7

linear gerada pelo algoritmo de Newton, é mais representativa quanto ao comportamento dos dados.

Isso ocorre porque a Equação 7 gerada pelo algoritmo de Newton, é um polinômio de interpolação iterativo, ou seja, o processo se repete diversas vezes para se chegar a um resultado, e a cada vez gera um resultado parcial, e esse resultado como base do próximo resultado para cálculo de erros, de modo que ao final do processo os erros sejam mínimos ou quase nulos.

De forma contrária ao Método de Newton, a Equação 5 gerada pelo Excel, é na realidade a equação gerada pela linha de tendência, que apesar de ser representativa e precisa em seu comportamento, não é tão quanto o método anteriormente citado, por se tratar de uma aproximação da dispersão dos pontos.

6.3 – ESTIMATIVA DE CONSUMO

Pela análise dos modelos matemáticos apresentados na Figura 5, chegou-se à conclusão, que neste caso, para uma melhor representação e estimativa do número de alunos e de consumo de água feito pelos mesmos, deve ser utilizada a equação linear fornecida pelo método de Newton (Equação 7), para mensurar o número total de alunos nos semestres seguintes (Tabela 12) e juntamente com a Equação 1 para que seja possível calcular o consumo futuro. Para a medição do consumo, foi considerado que um semestre conta com 100 dias letivos.

$$y = 78x + 115 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$Cm = (10,65DlAt_n)10^{-3} \quad \text{Eq. (1)}$$

Tabela 10: Projeções, nº de alunos e consumo médio semestral.

Ano/Semestre	Número total de alunos	$Cm = (10,65DIAt_n)10^{-3}(m^3)$
2010 / 1º	193	205,545
2010 / 2º	271	288,615
2011 / 1º	331	352,515
2011 / 2º	397	422,805
2012 / 1º	436	46434
2012 / 2º	485	516,525
2013 / 1º	546	581,49
2013 / 2º	624	664,56
2014 / 1º	702	747,63
2014 / 2º	780	830,7

O Gráfico 8, se refere aos dados apresentados na Tabela 12, sobre a projeção do número de alunos.

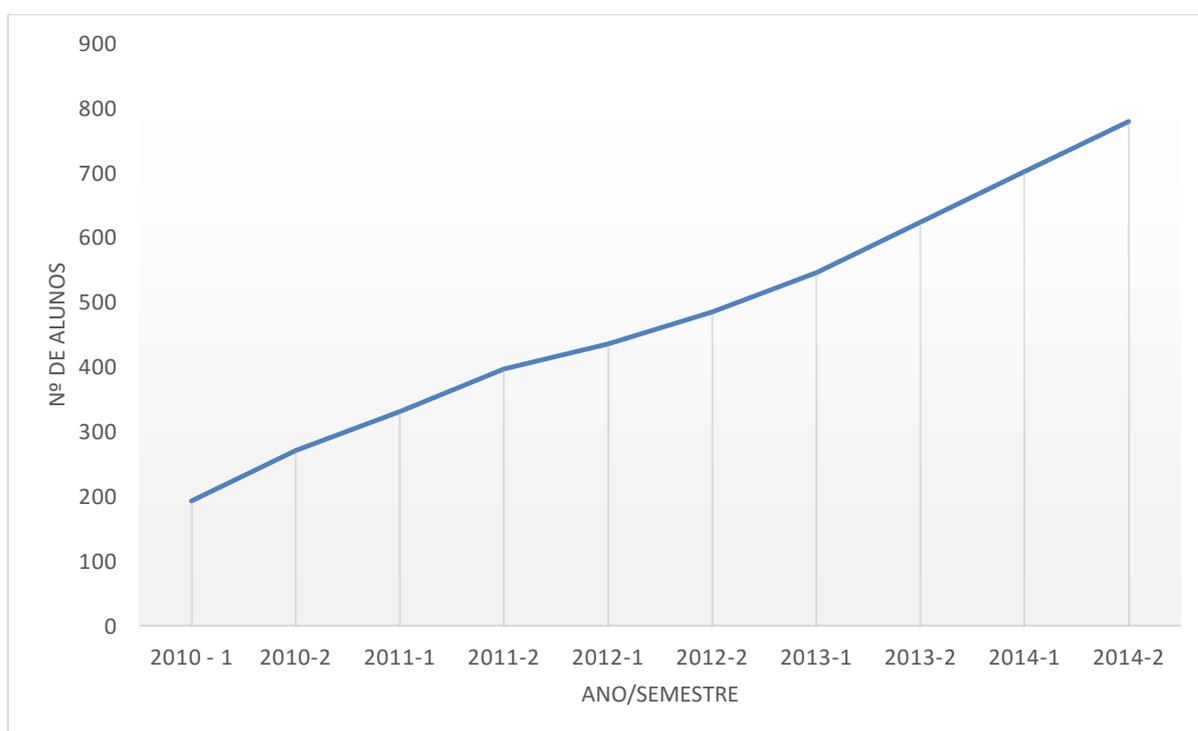


Gráfico 8: Projeção de alunos.

Como esperado com o passar do tempo o número de alunos tende a ser maior do que era no semestre anterior, visto que como dito anteriormente, a taxa de alunos que ingressam na faculdade é maior do que a de alunos que por algum motivo saem. O Gráfico 8, apresenta uma linha quase que perfeitamente linear, mas pode ser visto que no segundo período de 2011 o ângulo da linha se torna menor, mostrando que o crescimento de alunos é desacelerado, mas de modo contrário no primeiro semestre de 2013 o segmento da reta volta a apresentar um ângulo maior, o que significa que o crescimento no número de alunos é mais acelerado.

O Gráfico 9, demonstra os valores expostos na Tabela 12, mas ao contrário do Gráfico 8, ele representa a projeção de consumo de água.

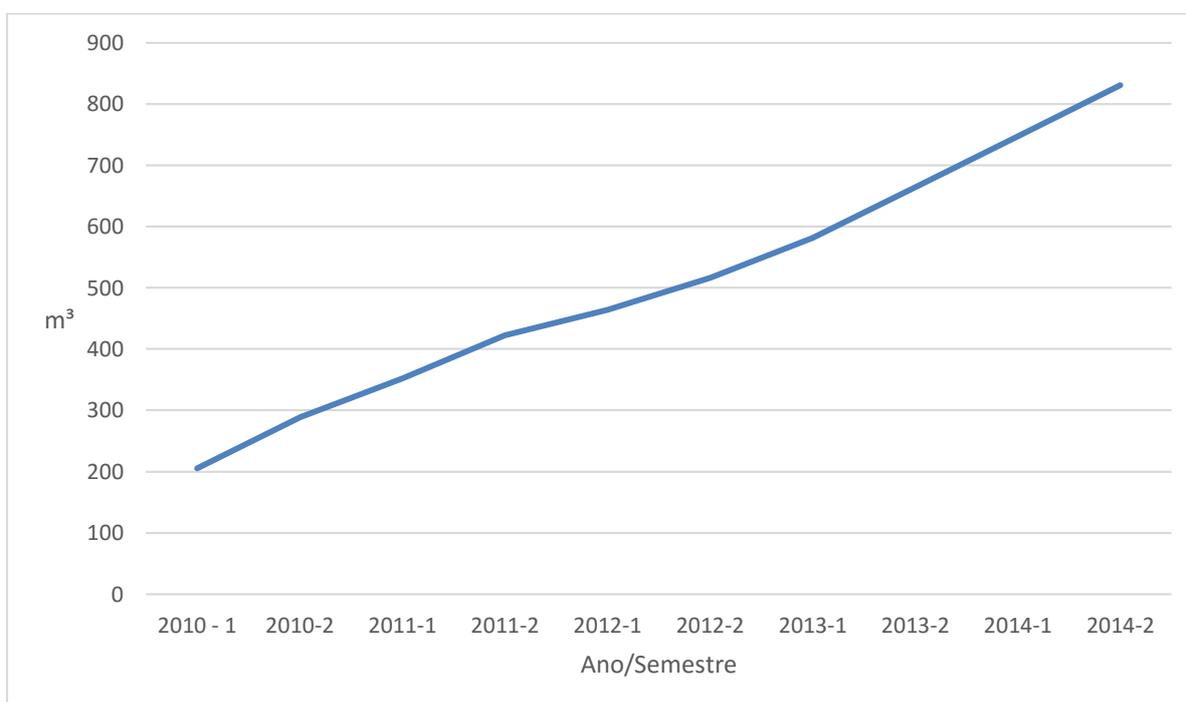


Gráfico 9: Projeção do consumo médio semestral.

É possível perceber que os Gráficos 8 e 9 são semelhantes no seu comportamento, isso ocorre pelo fato de que como o Gráfico 9 é gerado por apenas uma multiplicação diretamente proporcional ao Gráfico 8.

Ao comparar os valores da Tabela 12 e os Gráficos 8 e 9, é visto que a tendência do consumo é aumentar, tendo em vista que o consumo está diretamente ligado à quantidade de alunos, como mostra o Gráfico 8 o número de alunos é crescente, e analogamente, observamos no Gráfico 9 que o consumo se comporta

de mesmo modo, ou seja, se há um acréscimo na quantidade de alunos, isso acarretará em um aumento na quantidade de água que será consumida, visto que essas duas são propriedades diretamente proporcionais.

6.4 COMPARAÇÃO MODELAGEM VERSUS DADOS COLETADOS

Para a demonstração da representatividade do estudo proposto por este trabalho, é necessário fazer uma comparação entre os dados de consumo obtidos com a universidade e os valores estipulados pela modelagem matemática realizada.

O Gráfico 10 faz a comparação entre os dados fornecidos e com a metodologia proposta neste trabalho.

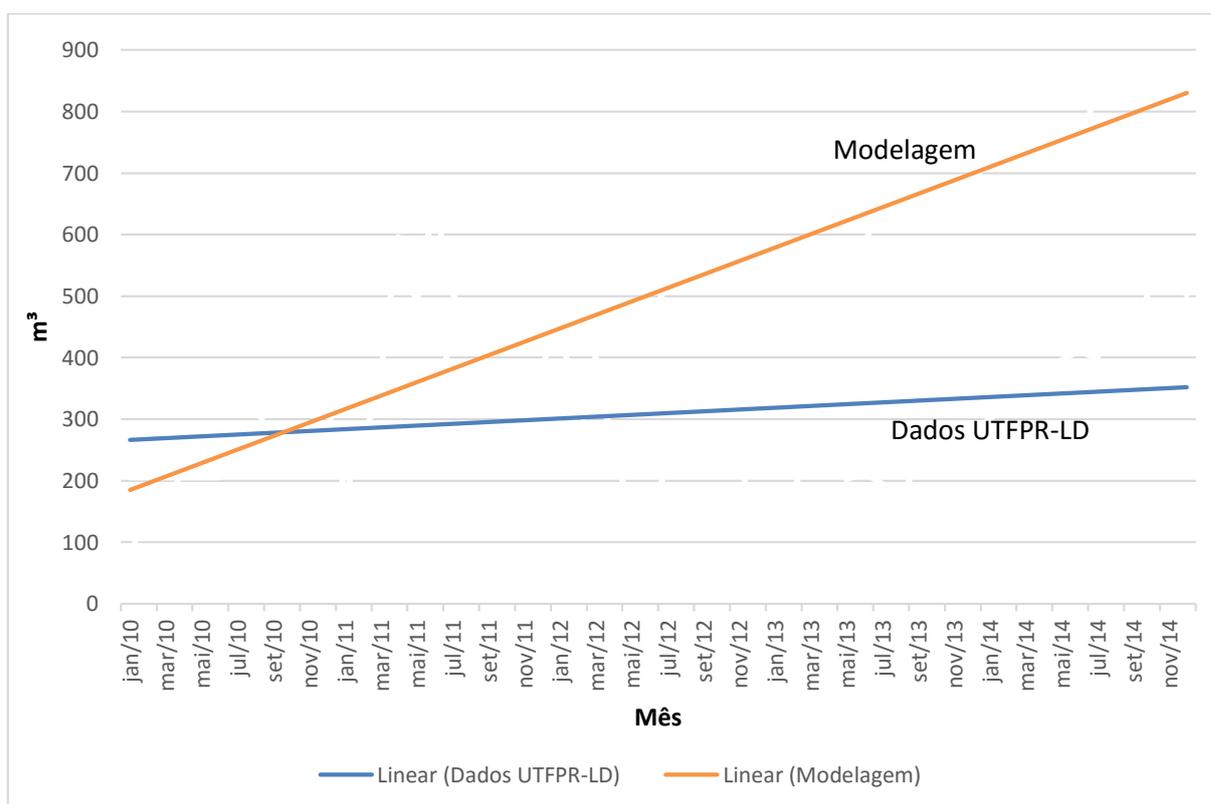


Gráfico 10: Modelagem versus dados coletados.

Com o auxílio do Gráfico 10 é possível notar que ambos os segmentos de reta possuem comportamento crescente, o que evidencia que tanto a modelagem quanto os dados sugerem que a tendência do consumo de água no campus é crescente, mostrando assim que a modelagem pode ser utilizada para se estudar o comportamento de consumo a médio e curto prazo.

Porém nota-se que os valores de consumo entre elas são muito discrepantes, ficando mais notável nos meses finais de 2014, onde pela modelagem se tem um consumo com valores superiores à 700 m³ enquanto os dados fornecidos pela universidade nos mostram um consumo real de que gira na casa dos 300 m³.

Essa discrepância nos valores apresentados no Gráfico 10 são causados por alguns motivos. Como por fato de o estudo realizado em questão levar em consideração o cenário de maior consumo possível, ou seja, em que todos os alunos frequentam as dependências da universidade todos os dias e que também fazem o uso das instalações hidráulicas todos os dias.

Essa consideração é feita porque a universidade não faz o controle da população que circula diariamente no campus, fazendo com que assim não haja dados sobre a quantidade de alunos diários no campus, o que impossibilita um estudo com maior riqueza de detalhes.

Outro fator importante que é levantado é o de não haver pesquisas sobre a porcentagem de indivíduos que utilizam os sanitários em universidades ou instalações prediais com características semelhantes à um campus universitário ou órgão público.

7 PROPOSTAS DE CONTROLE E REÚSO DE ÁGUA

Como pode ser analisado ao longo do trabalho, o consumo de água tende a ser crescente até um futuro próximo, por este motivo devem ser tomadas medidas de controle e redução de volume consumidos no campus.

O uso incorreto deste recurso pode causar diversos aspectos ambientais, que podem causar impactos se não forem contornados a tempo. O desperdício de água potável e o mal aproveitamento de águas pluviais ainda são fatores que estão diretamente ligados ao uso sustentável da água na universidade.

Como a estrutura do campus ainda se encontra em pleno desenvolvimento foram elaborados alguns métodos para se realizar a melhora das instalações hidráulicas, visando um melhor reaproveitamento d'água.

7.1 INSTALAÇÕES PARA REUSO DIRETO EM MICTÓRIOS E REUSO INTRA-SANITÁRIO

Uma alternativa de reuso interessante e ecologicamente correta é o reuso imediato lavatório-mictório. Esse recurso somente pode ser aplicado em sanitários masculinos que possuem mictórios, pelo fato de que de que as pessoas quando utilizam os mictórios lavam as mãos em seguida e a água gerada dessa lavagem, ao invés de ser jogada na rede de esgoto é desviada para o mictório no lugar d'água potável que seria normalmente utilizada (MENDONÇA 2004).

De acordo com Mendonça (2004), esse tipo de reuso não necessita de qualquer tratamento ou bombeamento e a água aplicada já leva para o mictório uma parcela de sabão ou produto de higienização decorrente do sabonete ou sabão líquido usado na lavagem das mãos. O saponáceo que é lançado terá uma ação desodorizante no mictório dispensando o uso de detergentes normalmente utilizados nesses dispositivos, reduzindo assim a carga química lançada no meio ambiente.

A Figura 6, ilustrada por Mendonça (2004), mostra a simplicidade da instalação desse reuso, de extrema facilidade de execução, baixíssimo investimento para implantação e sem custo operacional. A estrutura consiste em, no bocal de

saída do sifão é introduzido um tubo horizontal com pequena inclinação no sentido do mictório para não reter a água proveniente das pias.

No trecho do mictório, o tubo contém perfurações espaçadas para a distribuição da água em toda a cuba. Não foram encontrados nos livros técnicos pesquisados referências ou normas específicas para esse tipo de reuso.

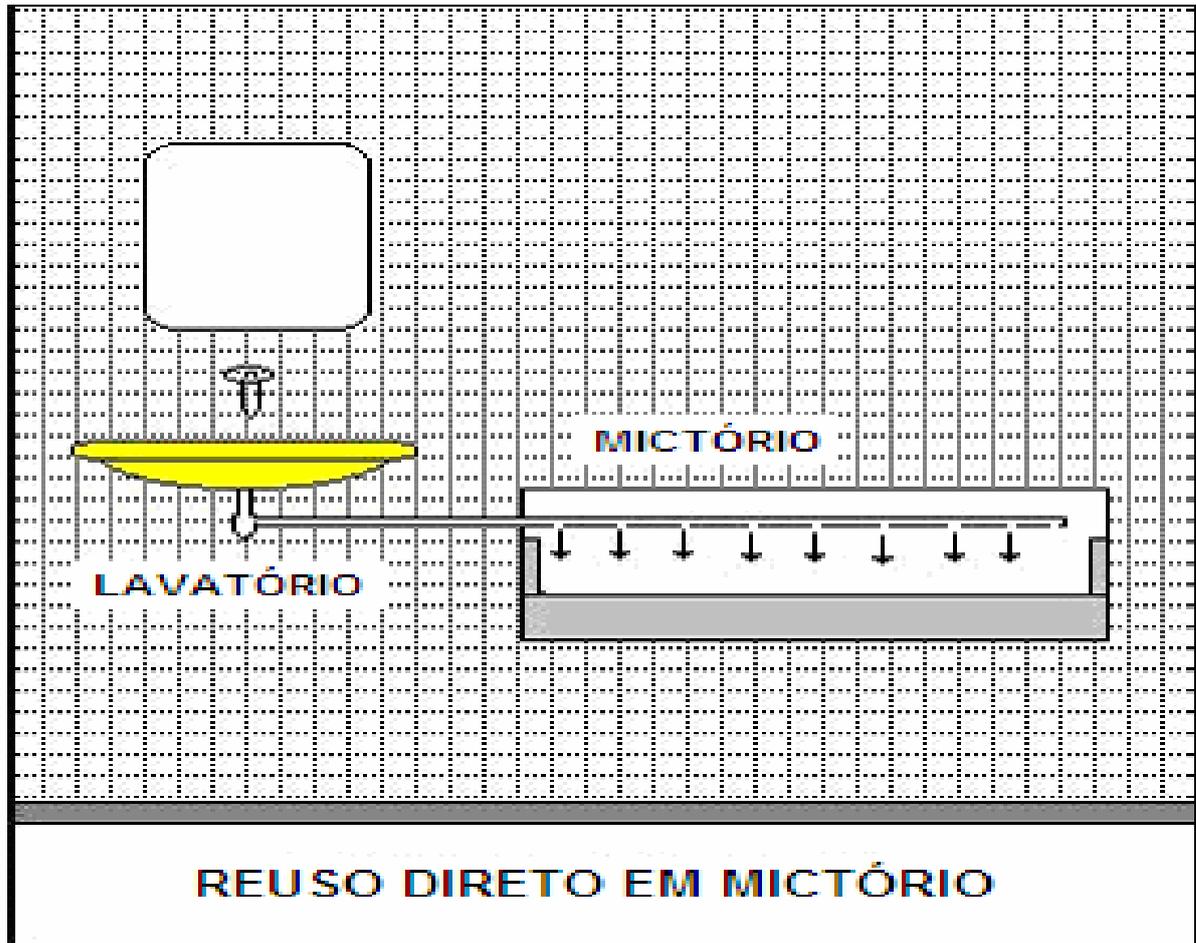


Figura 6: Reuso direto em mictório.
Fonte: Mendonça (2004)

Além do uso em mictórios também pode ser feito o reuso d'água em sanitários convencionais com caixa acoplada, onde a água que é proveniente da pia possa ocupar um volume parcial no tanque de armazenamento ao invés de ser usado somente água limpa para esta finalidade, outra vantagem deste método é que pode ser aplicado tanto sanitários masculinos como em femininos.

A Figura 7, ilustra um esquema que pode ser utilizado tanto em sistemas com apenas um sanitário ou com vários ligados em série. A vantagem destes métodos é

de que há uma economia de água na hora da descarga e também pelo reaproveitamento quase que imediato da água que sai do lavatório, de tal modo que este método faz com que haja uma redução em quantidade de água em volume e consequentemente uma redução de custos.

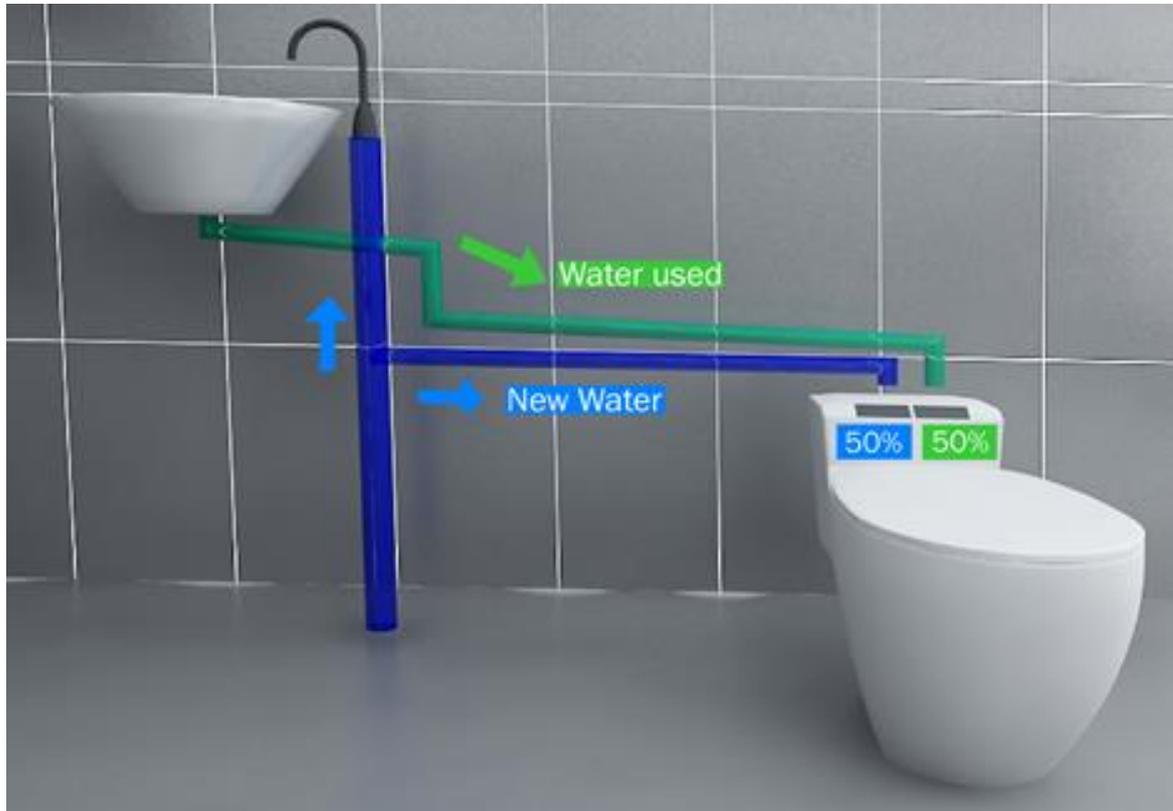


Figura 7: Reuso direto em sanitários de caixa acoplada.
Fonte: Ecolândia (2015)

7.2. CONTROLE DE PRESSÕES E VAZÕES

Um dos maiores responsáveis por grandes desperdícios de água são os problemas com pressões elevadas, elas podem causar grandes volumes perdidos devidos à vazamentos, como também no aumento da vazão nos bocais de saída.

Gonçalves (1999), diz que a pressão elevada pode contribuir para as perdas e desperdício de água no sistema hidráulico de várias modos, tais como ocorrência de rupturas nas instalações, fornecimento de água em quantidade superior à necessária numa torneira, causado uma vazão mais elevada do que o necessário

para a realização de uma tarefa a qual não necessita de grandes volumes de água, como, lavar as mãos em um banheiro, e em alguns casos, chegando até mesmo a comprometer o funcionamento de equipamentos específicos.

Uma alternativa para contornar este problema pode ser a simples redução de pressão de distribuição da água, por exemplo, de 30 mca para 17 mca pode resultar em economia de aproximadamente 30% do consumo de água. A avaliação e o controle da pressão no sistema hidráulico podem representar importante contribuição para a redução do consumo de água. Caso seja verificado que a pressão no sistema hidráulico é superior do que a necessária, devem ser tomadas ações de controle, como a instalação de dispositivos adequados a cada caso como, por exemplo, restritores de vazão, placas de orifício ou válvulas redutoras de pressão (Gonçalves, 1999)

7.3 USO DE TORNEIRAS COM SENSOR

Atualmente o mercado de equipamentos hidráulicos com o intuito de economizar água conta com diversas tecnologias diferentes, como é o caso das torneiras de fechamento automático, com funcionamento similar ao de uma válvula de descarga, que permitem uma redução mais de 50% no volume de água em relação às convencionais. Há também torneiras eletrônicas de abertura e fechamento automático por sensor, que liberam a água ao detectar a aproximação das mãos, que permitem uma redução no consumo de água de até 70% em relação à torneira convencional (FIGUEIREDO 2007).

Persona *et al.* (2012), demonstra que mesmo levando-se em conta o alto custo da torneira eletrônica (algo em torno de 200% dependendo do modelo), em relação à torneira de fechamento de mola, sua implantação causaria uma grande economia de água. Seus resultados permitem concluir que, se as torneiras de fechamento por mola forem substituídas pelas torneiras de fechamento eletrônico por sensor, poderá haver uma economia do volume de água em até 24%, valor esse significativo, dado a quantidade de alunos que frequentam a Faculdade de Engenharia Elétrica de Computação.

7.3 ESTRUTURA DO CAMPUS

O campus da UTFPR Londrina conta atualmente com cinco blocos. Em cada bloco há cisternas enterradas para o armazenamento de água. Cada bloco é diferente em questão da quantidade e volume das cisternas.

Os blocos A, B e K contam cada um com 3 cisternas, porém em volumes diferentes entre si. O bloco A conta com cisternas de 30 m³ totalizando um volume de 90 m³, no bloco B no entanto são encontradas cisternas de 13 m³, com um volume combinado de 39 m³, já o bloco K conta com cisternas de apenas 5m³ e com um volume combinado de 15m³. O bloco E por sua vez tem duas cisternas de 500L e por final o bloco S com uma cisterna de 0,5 m³.

Apesar de todos os blocos contarem com cisternas para armazenamento de água apenas os blocos A e B e S possuem captação de água pluvial, mas apenas os dois primeiros fazem o reaproveitamento dessa água que é armazenada.

As 3 cisternas que estão presentes nos blocos A e B, são usadas de tal forma que duas delas armazenam água potável e apenas uma para água pluvial. O reaproveitamento da água pluvial é feito somente para o uso de descarga em sanitários.

O grande problema é que mesmo contando com uma cisterna de 30 m³ no bloco A e 13m³ no bloco B, o volume não é o suficiente para este uso, sendo em alguns casos necessário fazer-se o uso de água potável para as descargas dos sanitários.

Outro fato relevante que deve ser levado em conta é que como o volume de água armazenado pelas cisternas não consegue suprir sozinho com apenas o uso dos sanitários, toda a limpeza e lavagem dos blocos é feita com água potável que poderia ser utilizada para consumo humano.

Sendo assim, uma proposta de reuso interessante de ser feita é a inversão das cisternas, ou seja, trabalhando com duas para armazenamento de águas pluviais e apenas uma para potável, assim com o dobro da capacidade para o armazenamento pluvial, a necessidade de uso da água potável no sistema sanitário seria reduzido ou até mesmo acabado. Outra opção que pode ser considerada é o uso

da segunda cisterna pluvial para a limpeza dos blocos, evitando assim de se desperdiçar água própria para consumo.

8 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi verificado a projeção futura no consumo de água pelos alunos dos cursos de engenharia ambiental e engenharia de materiais levando-se em conta o aumento no número de alunos a cada semestre letivo.

Através dos cálculos e métodos utilizados, entre eles Newton, Lagrange e Newton – Gregory, e também o Excel, pôde observar que o polinômio gerado pelo método de Newton é representativo em determinado intervalo, porém para analisar projeções futuras o método é falho, pelo fato da função representar um gráfico não linear com pontos de máximo e mínimo. Da mesma forma o polinômio gerado pelo Excel não satisfaz as condições necessárias, pois também se trata de uma equação polinomial.

Dessa forma, pode-se concluir que para o este caso, a melhor forma de estimar tanto o aumento no número de alunos quanto o aumento no consumo seria uma equação linear, pois é a mais adequada para se representar tendências em longos intervalos de tempo.

Com isso foi possível também observarmos que o consumo de água no campus tende a ser crescente, pois a cada semestre há o ingresso de novos alunos, e tendo em vista também que mesmo com a saída de alunos, a quantidade de ingressantes é maior que a de desistentes.

Com estes conhecimentos e com base no estudo, sabemos que o consumo de água tende sempre a aumentar a cada novo período letivo. Mas este problema pode ser, se não contornado, amenizado com instalação de maiores cisternas, aparelhos sanitários que possuem um menor consumo de água, instalações sanitárias que façam o reaproveito de água e conscientização por parte dos alunos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS: **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 151 p.

ANTUNES, Gladson: **Modelagem Matemática: o que é, para que serve e como fazer**, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1996.

CASTRO, Ana Cristica F. **O Desenvolvimento Sustentável e as Implicações da Produção Mais Limpa: um estudo de caso no setor moveleiro**. Faculdade de Apucarana. 2006

CERQUEIRA, L. L. et al. **Desenvolvimento de heliconia psittacorum e gladiolus hortulanus irrigados com águas residuárias tratadas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12, n. 6, 2008, p. 606 – 613

CHEIS, Daiana. Falta de normas técnicas para o reúso de água ainda é um problema no país. **Revista TAE: Especializada em tratamento de água & efluentes**. São Paulo, Abril, 2013. Disponível em < <http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=5798>> Acesso em: 08 set. 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1999, 236 p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **CNRH RESOLUÇÃO Nº. 54**: estabelece critérios gerais para reúso de água potável. [S.l.]: 2006.

D' AMBROSIO, Ubiratan. Etnomatemática. 2. ed. São Paulo: Ática, 1993

ECOLÂNDIA: **Formas para reutilizar água e ajudar no combate ao desperdício**. 2015; Disponível em < <https://ecolandia.wordpress.com/2015/04/10/formas-para-reutilizar-a-agua-e-ajudar-no-combate-do-desperdicio/> > Acesso em: 25/10/2015

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação E Reúso Da Água Em Edificações**. São Paulo, 2005

FIGUEIREDO, Chenia Rocha. **Equipamentos hidráulicos e sanitários**, Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 92 p. : il

GONÇALVES, O.M.; IOSHIMOTO, E; OLIVEIRA, L.H. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. São Paulo, janeiro, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio no F1).

GONÇALVES, Ricardo. PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). **Uso racional da água em edificações**. Vitória, ES: ABES, 2006. 332 p.

HESPANHOL, Ivanildo; GONÇALVES, Oliveira. **Manual de conservação e reúso de água para a indústria**. Rio de Janeiro, 2006.

JESUS, V. A. F. (2008). **Gestão de Consumos de Água em Campi Universitários – Caso de Estudo da FCT – UNL**. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Engenharia do Ambiente). Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Universidade Nova de Lisboa - Portugal, 139 p.

LONDRINA. Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo. **Diagnóstico – 2008/2009**. Londrina. 2009.

LONDRINA. Secretaria de Planejamento do município de Londrina. **Plano municipal de saneamento básico do município de Londrina**. Londrina. 2008.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Reúso de água**. São Paulo, SP: Manole, 2003. 579 p.

MENDONÇA, Pedro De A. Ornelas; UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Reuso de água em edifícios públicos: O caso da escola politécnica**. Salvador, 2004

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: Um recurso cada vez mais ameaçado**. [S.l.], [200?], 16p.

ODUM, Eugene. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988, 432 p.

OLIVEIRA, M.N; SILVA, M.P; CARNEIRO, V.A. **Reúso de água: um novo paradigma de sustentabilidade**. Goiás, 2010.
OLIVEIRA, Rafael Santos de Oliveira; PES, João Hélio Ferreira (Coord.). **Direito ambiental contemporâneo: prevenção e precaução**. Curitiba: Juruá, 2009. 366 p.

PERSONA, Giovanna; INAGAKI, Gregoru Y. M. UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. **Consumo de água nas torneiras dos banheiros da FEEC**. Campinas, SP: 2012.

POSTEL, Sandra; **The Last Oasis: Facing Water Scarcity**. Routledge, 2014. 240p

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006: A água para lá da escassez**. [S.l.]: 2007. 52p.

REBOUÇAS, Aldo da C.: **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. **BAHIA ANÁLISE & DADOS** Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003

SERAFIM, Ana Lucia et al. **A importância da água no organismo humano**, 2004

SPITZCOVSKY, Débora, **Tanta água disponível é um incentivo ao desperdício.** 19, mar, 2010 Disponível em <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/água-disponibilidade-uso-consumo-desperdicio-falta-saneamento-541962.shtml>> Acesso em 12 set. 2014.

TERPSTRA, P.M.J. **Sustainable water usage systems:** models for the sustainable. Water Science na Technology. [S.l.] v.7, n.5, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122399000888>>. Acesso em 03 nov. 2014

TOMAZ, P. **Conservação da água.** Guarulhos: Ed. Parma. 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Normas para apresentação de documentos científicos.** Curitiba: UFPR, 2000-2002. 10 v.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Histórico do Campus Londrina.** Disponível em <<http://www.utfpr.edu.br/londrina/o-campus/historico/campus>> Acesso 18 set. 2014