

III-371 - DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUXÍLIO DE ESTIMATIVA DE VAZÃO DE LIXIVIADO PELO MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO

David Maycon Schimitt Rosa⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Ademilson Araújo Sabino

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Gustavo Anderle

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Sara Cortez de Moraes

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Aldecy de Almeida Santos

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Física e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC/UFPE). Atualmente é Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (DESA/UFMT).

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco Pereira de Jesus, 263 – Jd Nossa Senhora Aparecida - Cuiabá - MT - CEP: 78090-672 - Brasil - Tel: (65) 3665-3323 - e-mail: david_maycom@hotmail.com.

RESUMO

Os problemas relacionados com a contaminação de aquíferos por chorume são intensos e por isto é importante estimar sua geração para tratamento, onde podem ser utilizados métodos computacionais, isto é, algoritmos para o desenvolvimento das ações. Este trabalho demonstra a metodologia para o desenvolvimento e a comprovação do programa, por meio de estudos de caso, nos quais foram obtidos dados de alimentação do software e comparação de resultados e o outro, apenas informações de dados de alimentação do programa intitulado “PEVC” (programa de estimativa de vazão de chorume). A metodologia foi embasada no procedimento de montagem da heurística do programa, constituindo as sequências lógicas do programa. Os resultados obtidos para o teste de sequência lógica adequada, foi consistente, apresentando variações mínimas em função de diferenças de interpretação semântica da lógica adotada pelo trabalho abordado e para o teste de eficiência e automação de funcionamento do programa, os resultados foram satisfatórios, sendo de fácil uso e rápida resposta, sendo de grande valia na determinação da grandeza de vazão de lixiviado. Conclui-se que o auxílio de ferramentas de repetições para o cálculo de métodos visando objetivos com sentidos ambientais, é importante devido à facilidade e agilidade que os métodos podem ser desenvolvidos e controlados.

PALAVRAS-CHAVE: Chorume, Contaminação, Algoritmos, Linguagem VBA.

INTRODUÇÃO

A situação dos recursos hídricos observadas hoje se deve a um contínuo processo de poluição provocada pelo lançamento indevido de cargas poluidoras de efluentes não tratados, como também ao lançamento de percolato, advindo de processos de degradação da matéria orgânica que geralmente se encontram em células de aterros sanitários. GERALD E MOSHER (1975) *apud* CAPELO NETO (1999) ressaltam a importância de evitar que a água subterrânea seja atingida por plumas de contaminação. Essa preocupação fundamenta-se na dificuldade desse ambiente propiciar a autodepuração e a inviabilidade econômica de despoluir esse ambiente utilizando as tecnologias disponíveis.

O chorume e/ou percolato se mostra como uma das várias determinantes de risco para o meio ambiente, uma vez que apresenta altas concentrações de matéria orgânica e também quantidades consideráveis de metais pesados. Para TORRES et al.(1997) *apud* LINS (2003), essa característica do chorume se dá pelos processos naturais de degradação que os resíduos sofrem, sendo que, o percolato possui 200 vezes o valor do esgoto sanitário. Com o intuito de minimizar o impacto desta substância, se desenvolveu o aterro sanitário. A NBR

8519/1992 define o aterro sanitário como uma técnica, que utiliza princípios de Engenharia para dispor resíduos sólidos urbanos, em sua menor área possíveis (compactação) no solo, cobrindo-os com terra no fim de cada jornada de trabalho. Este é projetado a fim de não causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando impactos ambientais.

Para a determinação da vazão de chorume em aterros sanitários através de métodos mais elaborados que necessitam de condicionamentos lógicos, recomenda-se a utilização de algoritmos, que são conjuntos de macros, ou seja, comando de repetições, de forma ordenada com o objetivo de proporcionar o resultado esperado em faixas de tempo reduzidas. As linguagens de programação em si podem ser desenvolvidas em uma infinidade de plataformas compiladoras, utilizando as mais variadas opções de objetos e lógicas possíveis, oferecidas pelas plataformas, que podem ser: VBA (visual basic for applications), VB (visual basic), Fortran, Java, C++, C e etc.

A opção da escolha do tipo de plataforma a ser escolhida para o desenvolvimento do sistema ou modelo computacional, não interfere no resultado final do trabalho ou o objetivo principal do problema, no entanto pode facilitar ou determinar as formas de linguagens de programação utilizadas. Utilização de plataformas livre, isto é, de cunho gratuito, vem sendo difundido de forma severa entre pesquisadores, profissionais e amadores no campo das ciências computacionais, uma das possíveis explicações para o evento pode ser o fato do poder de criação destas plataformas serem equiparadas às outras distribuídas comercialmente. Um exemplo interessante para o caso pode ser as ferramentas e plataformas distribuídas pelo grupo Apache, responsável pelo desenvolvimento do OpenOffice, amplamente difundido no meio acadêmico.

A opção por ferramentas comerciais, geralmente reside no fato destas serem de mais fácil e simples utilização, pois já contém uma série de conjuntos estruturais de lógica, os quais são conhecidos como objetos, para simplificar o trabalho e agilizar o processo de programação e construção das estruturas do programa a ser desenvolvido. Independente das formas de construção lógica e elaboração computacional destas diferentes macros, desenvolvidas nestas plataformas, modelos algorítmicos e sequência de lógicas de repetição são utilizadas com o objetivo principal de facilitar e agilizar ações, determinar condições e tomar decisões, semelhantes às dos especialistas, caso dos sistemas especialistas (SE). Em meio a esse patamar de utilidades destas ferramentas computacionais, que a engenharia agrega valor e conhecimento e utiliza destes meios para desenvolver uma série de processos e cálculos de complexidades variadas.

Este trabalho mostra a possibilidade da construção de um modelo algorítmico simples, porém não pouco complexo e lógico, na plataforma oferecida pelo software EXCEL 'MS, visual basic for applications (VBA), para a obtenção da vazão de chorume de aterros sanitários, através de dados de precipitação e evapotranspiração potencial mensais fornecidos pelo usuário. O modelo de determinação de vazão utilizado foi o do balanço hídrico, que embora não forneça expectativas elaboradas às condições reais, ainda é o mais utilizado em razão do número de variáveis levada em consideração e do potencial de resultados relativamente próximos aos encontrados na realidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção deste trabalho foram divididas etapas, que consistem em montagem do software através de técnicas de programação e posterior teste de funcionamento do mesmo, com dados de precipitação e evapotranspiração potencial contidas em artigos científicos do conteúdo empregado. O desenvolvimento do programa é composto por dois fundamentos principais, a primeira foi desenvolvida levando-se em consideração a heurística do programa, ou seja, os fundamentos lógicos operacionais do programa.

Na parte de montagem heurística do programa "PEVC", analisou-se as lógicas utilizadas para o funcionamento do mesmo, com base em literatura técnica, onde consistem os fluxogramas operacionais lógicos. Com o auxílio de tabelas e dos fluxogramas citados, os quais serão apresentados a seguir, foi possível desenvolver a capacidade do software em montar as análises operacionais e tomar as decisões necessárias para a sequência adequada dos eventos. As bases estruturais do programa foram montadas na plataforma "VBA" (visual basic for applications), e as estruturas de desenho do programa foram montadas usando propriedades fornecidas pelo MS Excel.

O programa possui uma página de entrada, uma para inserção dados cadastrais, outra para inserção de dados de processamento, os quais serão utilizados para alimentar as equações, e por último uma janela específica para visualização dos resultados, contendo as informações de cadastro, a vazão temporal em cada mês e a anual e um gráfico mostrando a distribuição das vazões, sendo a anual a vazão somatória das vazões mensais. Quanto à heurística do programa, segue-se um padrão lógico definido pelos desenvolvedores do método para o cálculo da vazão temporal. As informações contidas na janela de inserção de dados possuem os seguintes objetivos, a área é necessária para se conhecer em função do percolado em mm e do tempo em segundos a vazão em litros por segundo (L/s), os segundos foram obtidos em relação a um mês, ou seja, a quantidade de segundos contida em um mês, donde pelo fluxograma podemos compreender melhor a distribuição.

As variações das constantes de escoamento superficial estão diretamente relacionadas ao tipo de solo em função das características físicas e da declividade que para o modelo estudado pode variar de 0 a 7 %. O modelo também leva em consideração o tipo de estação estudada, podendo ser de seca ou cheia em razão da mudança da capacidade de campo de solo e da atenuação de movimento provocado por solos mais úmidos em contrapartida aos secos, sendo os maiores coeficientes encontrados nas estações úmidas em razão das propriedades físicas dos diferentes estados do solo.

Quanto a parte gráfica do software elaborou-se desenhos de rascunhos, buscando alcançar um desenho que melhor se enquadra na ideia ambiental do programa, chegando a alguns resultados, os quais são mostrados a seguir:

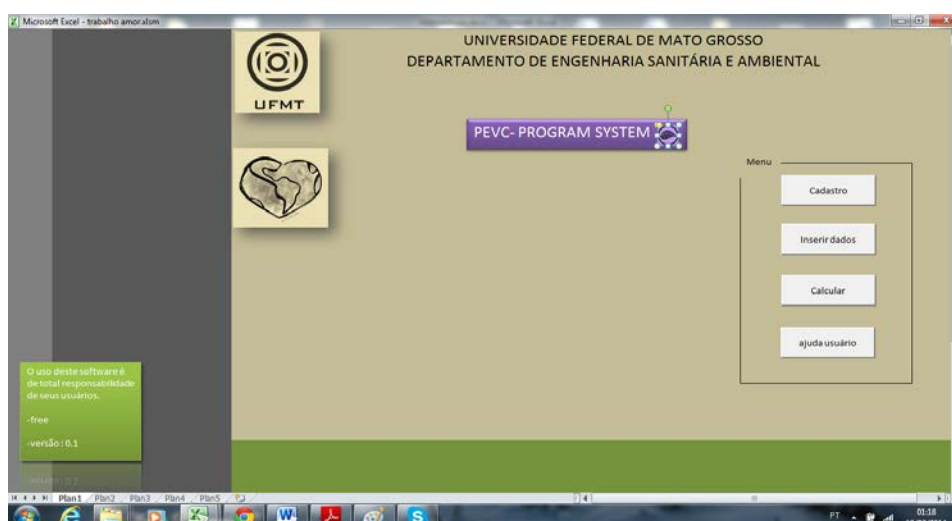


Figura 1: Apresentação da janela de entrada do programa “PECV”.

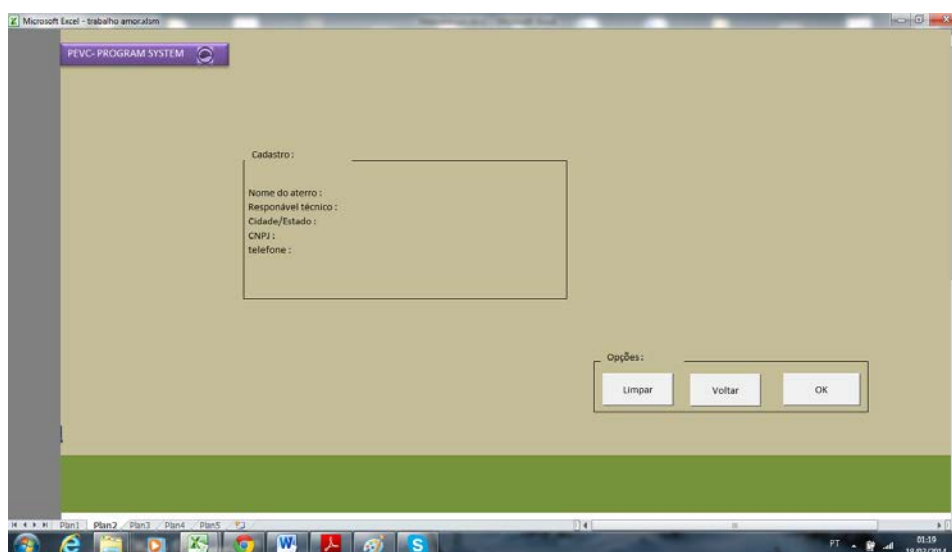


Figura 2: Apresentação da janela de cadastro do programa “PECV”.

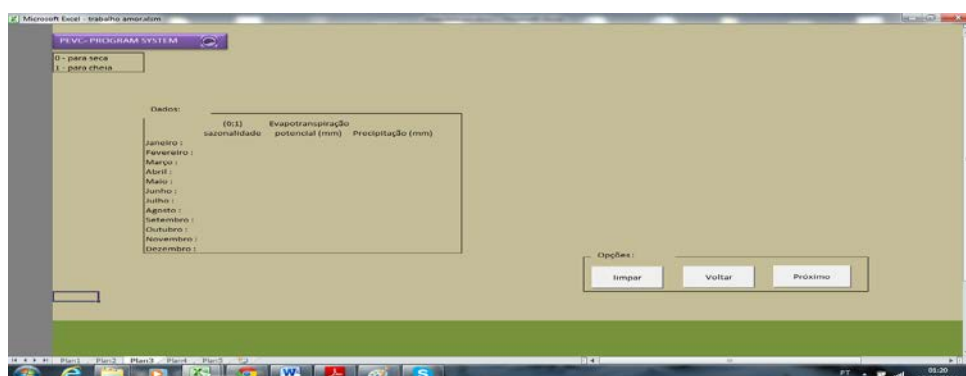


Figura 3: Apresentação da janela de inserção de dados do programa “PECV”.

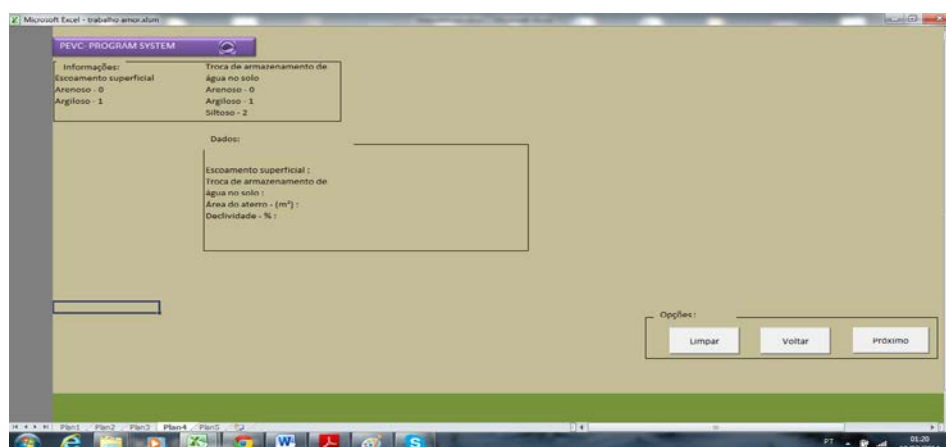


Figura 4: Apresentação da janela da continuação da inserção de dados do programa “PECV”.

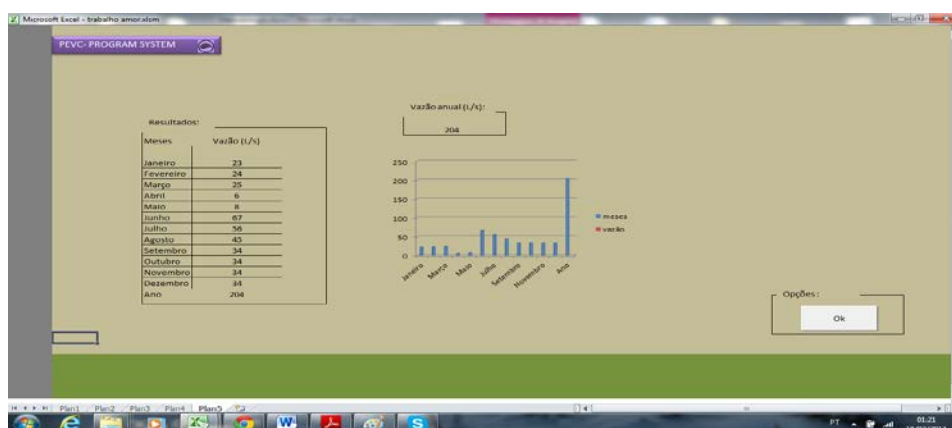


Figura 5: Apresentação da janela de resultados do programa “PECV”.

Como foi apresentado o programa contém abas de navegação, os quais são: informações cadastrais, onde se procurou realizar um breve cadastro ou gravo de informações importantes a respeito do empreendimento, como: número de telefone, nome do responsável técnico, CNPJ do empreendimento, nome do empreendimento e localização (endereço). A outra aba é composta do começo das informações de dados, os quais serão atribuídos às equações para alimenta-las e obter resultados. A terceira aba é a continuação da segunda, com o restante das informações de dados, os quais foram dispostos desta maneira vista pelo programa para alimentar a sequência lógica da heurística do software. A última aba é composta pelos resultados obtidos em decorrência do processamento de dados impostos pelo usuário.

Quanto aos trabalhos de artigos científicos analisados para se analisar a eficácia do programa, com intuito de se obter os dados confiáveis de Precipitação e evapotranspiração real, foram “utilização da capacidade de

campo na estimativa do percolado gerado no aterro de Muribeca” (LINS, Eduardo. A.M) e “Aplicação de modelos empíricos na estimativa da geração de percolado em aterro sanitário” (Tiago L. Gomes; Carlos E. Silva; Teobaldo F. Garbin). O primeiro estudo apresenta todas as informações necessárias para a sequência lógica do programa, desde precipitação até informações do tipo de solo, no entanto apresenta somente informações de séries curtas de 4 meses, sendo estes dados usados para se comprovar a eficiência e veracidade do software. O segundo apresenta somente informações de precipitação de séries longas e curtas e de evapotranspiração real, os quais para análise de eficácia do programa foram utilizados apenas os dados de séries longas, descartando as séries curtas. Outras informações necessárias como o tipo do solo da região do aterro não estão contidas no trabalho utilizado como referência para obtenção dos dados, sendo por esta razão, determinados como para escoamento superficial arenoso e troca de armazenamento de água no solo argiloso.

RESULTADOS

Usando o trabalho de “utilização de capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro de Muribeca” (LINS, Eduardo. A.M), com as seguintes séries históricas de 4 meses apresentadas na Tabela 1. Para solo de característica de escoamento superficial arenosa e para troca de armazenamento de água no solo com característica argilosa, com área do aterro de cerca de 363.503 m²:

Tabela 1: séries históricas de precipitação e de evapotranspiração potencial de 4 meses e os resultados conseguintes pelo método de estimativa do balanço hídrico.

Parâmetros	Meses			
	Jun	Jul	Ago	Set
Precipitação (P)	474	282,2	194,8	135,8
Evaporação Potencial (EP)	66,8	90,7	85,5	101,5
Escoamento Superficial (ES)	80,58	47,97	35,06	24,44
Infiltração (I)	393,42	234,22	159,73	111,36
I – EP	326,62	143,53	74,24	9,86
Somatório (NEG(I-EP))	-	-	-	-
Armazenamento de Água no Solo (AS)	120	120	120	120
Variação do Armazenamento de Água	0	0	0	0
Evaporação Real (ER)	66,8	90,7	85,5	111,36
Percolação (PERC)	326,62	143,53	74,24	0
Vazão Estimada em l/s (Q _e)	45,8	20,12	10,41	0
Vazão Medida em l/s (Q _m)	6,28	5,14	3,29	2,77

Os resultados obtidos da vazão estimada utilizando o software “PEVC” são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Comparação dos resultados obtidos.

Parâmetros	Meses			
	Jun	Jul	Ago	Set
Vazão Estimada em l/s (Q _e)	45,8	20,12	10,41	0
Vazão Estimada em l/s pelo software PEVC	45,14	19,73	10,41	1,38

Os valores próximos, porém diferentes do modelo podem apontar para alguns possíveis erros, quanto na determinação de meses de cheia e seca, já que estas informações não foram fornecidas no artigo e por esta razão adotamos pelas características temporais como sendo meses de seca. Outro fator que pode ter interferido na igualdade dos resultados é o fato que o trabalho adotado para se realizar a comparação pode ter adotado uma interpretação singular quanto aos coeficientes de escoamento superficial, concentrando o erro em um intervalo possivelmente mal interpretado, no entanto pode-se notar que as variações são relativamente pequenas devido a este erro e em margens de segurança, neste caso, o provável erro pode ser descartado, sendo ainda as informações obtidas de real importância para a percepção da escala de produção de lixiviado.

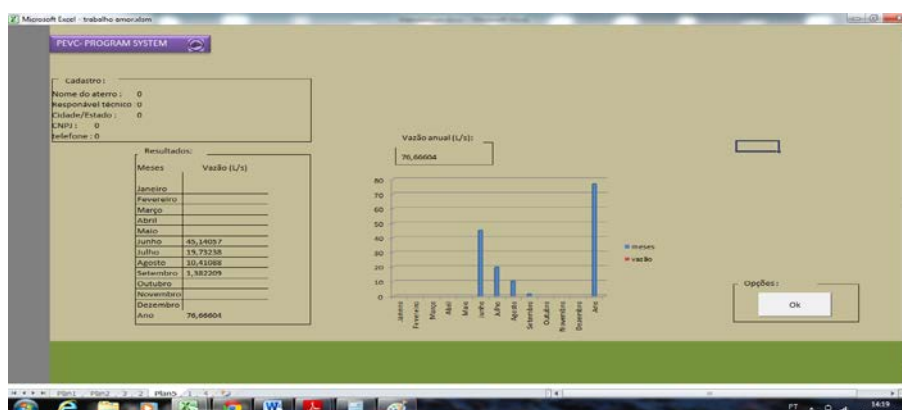


Figura 7: demonstração do programa “PEVC” na abordagem dos resultados obtidos.

USO DOS DADOS REAIS PARA O USO EFETIVO DO PROGRAMA LEVANDO-SE EM CONSIDERAÇÃO O ESTUDO DE CASO “APLICAÇÃO DE MODELOS EMPÍRICOS NA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE PERCOLADO EM ATERRO SANITÁRIO” JARARACA – SANTA MARIA, RS

Por meio das verificações realizadas, pode-se concluir que o programa desenvolvido é eficiente para a estimativa de volume de lixiviado. Neste item, os dados reais do estudo de GOMES, et. Al (sem ano), foram utilizados para o cálculo da vazão de chorume.

Tabela 3. Dados para processamento

Área Total do Aterro	374.435 m ²
Área do Aterro Controlado	37.429 m ²
Escoamento Superficial	Solo Argiloso – 1
Troca de Armazenamento de Água no solo	Solo Siltoso – 1
Declividade	2%

Deve-se levar em consideração que o escoamento superficial e a troca de armazenamento de água no solo variam conforme o tipo de solo, este pode ser siltoso, arenoso ou argiloso. Para casos em que o solo apresenta mais de uma composição, deve ser levada em consideração a característica predominante. Por exemplo, para um solo areno-argiloso deve se levar em consideração a areia que o elemento predominante.

Para a estimativa de geração de volume de chorume, o solo considerado foi o solo da região que trata-se de um silte-argiloso. Assim, para efeito de cálculos do programa, para o escoamento superficial ele foi classificado como solo argiloso, (identificado pelo programa como código 1), enquanto que para a troca de armazenamento de água no solo, foi classificado como siltoso (código 1).

Tabela 4. Dados de entrada.

Mês (2004)	Sazonalidade	Precipitação Média (mm)	Evapotranspiração
Maio	<i>Úmido o ano todo (1)</i>	120	46
Junho		143	28
Julho		148	31
Agosto		117	38
Setembro		133	48
Outubro		153	72
Novembro		127	97
Dezembro		125	118
Janeiro		145	135
Fevereiro		123	116
Março		142	104
Abril		149	67

Fonte: (GOMES et. al, e ADESM, 2011)

De acordo com a Agência de Desenvolvimento de Santa Maria, o clima de Santa Maria situa-se na área de clima temperado, chuvoso e quente, onde não há nenhuma estação seca. Sendo assim, todos os meses entrarão indicados como “1” na entrada do programa. O trabalho utilizado levou em consideração duas séries de precipitação, uma longa e uma curta. A série longa é constituída de dados mensais de 34 anos e de 29 anos de evapotranspiração, enquanto que as séries curtas são de maio de 2004 a abril de 2005, tendo no total 12 observações. Para efeito de cálculo do algoritmo foram utilizadas as séries longas por oferecerem maior confiabilidade.

Com os cálculos feitos pelo programa, os seguintes resultados foram obtidos:

Tabela 5. Dados de saída do programa.

Meses	Vazão (m³/s)
Janeiro	0
Fevereiro	0
Março	0,098
Abril	0,711
Maio	0,687
Junho	1,206
Julho	1,219
Agosto	0,769
Setembro	0,805
Outubro	0,683
Novembro	0,030
Dezembro	0
Média Mensal	0,517

Assim, pelos resultados do programa, o mês que mais produz chorume é Julho, enquanto em novembro há a produção mínima, e em janeiro, fevereiro e dezembro não há a produção de chorume.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do software foi eficiente para que a realização dos cálculos fosse feita com exatidão e rapidez e isso foi comprovado por meio da comparação com os valores obtidos por outros estudos. Para efeito de dimensionamento do sistema de drenagem, este modelo pode ser considerado promissor, entretanto, outros testes deste modelo, principalmente em aterros sanitários no Brasil, se fazem necessários para se atestar sua validade.

A linguagem de programação utilizada foi adequada e suficiente para a resolução do problema proposto.

O código utilizado não apresentou erros de execução (sintaxe ou nas funções utilizadas).

O uso e estudo de algoritmos na Engenharia são de suma importância para a resolução de problemas de baixa ou alta complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE SANTA MARIA. Santa Maria em Dados. Aspectos Gerais. Ambiente Natural. Clima. Disponível em: <<http://santamariaemdados.com.br/1-aspectosgerais/1-50ambiente-natural/>> Acesso em: 01 de maio de 2015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Informação e Documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
3. CAPELO NETO, J. Estudo Quanti-Qualitativo do Percolado Gerado no Aterro Sanitário Oeste, em Caucaia, Ceará. Fortaleza, 1999. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará.
4. LINS, Eduardo Antônio Maia; JUCÁ, José Fernando Thomé. A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da Muribeca. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande, Brasil.
5. LINS, E.A. M., A Utilização da Capacidade de Campo na Estimativa do Percolado Gerado no Aterro da Muribeca, Recife, 2003. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco.
6. GOMES, Tiago Luis. Aplicação de Modelos Empíricos na Estimativa da Geração de Percolado em Aterro Sanitário. Santa Maria, Brasil.