

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA O  
DIMENSIONAMENTO DE CONDUTOS LIVRES**

EDSON EDUARDO OLIVEIRA PEREIRA  
WELLINGTON RODRIGUES DA SILVA

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018

# **DENSENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA O DIMENSIONAMENTO DE CONDUTOS**

**EDSON EDUARDO OLIVEIRA PEREIRA  
WELLINGTON RODRIGUES DA SILVA**

Orientador: PROF. Me. ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte das exigências para conclusão do curso de  
Engenharia Agrícola.

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

S586d Silva, Wellington Rodrigues Da

Desenvolvimento de aplicativos móvel para o dimensionamento de condutos livres / Wellington Rodrigues Da Silva, Edson Eduardo Oliveira Pereira --  
Dourados: UFGD, 2018.

32f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Elton Aparecido Siqueira Martins

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -Faculdade de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Canais. 2. Seção econômica. 3. Método das tentativas. 4. App Inventor 2.  
I Edson Eduardo Oliveira Pereira II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.**

**DENSENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA O  
DIMENSIONAMENTO DE CONDUTOS LIVRES**

Por

Edson Eduardo Oliveira Pereira  
Wellington Rodrigues da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 10 de Julho de 2018.



---

Prof. Me. Elton Aparecido Siqueira Martins  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Fabricio Correia de Oliveira  
Membro da Banca – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Eder Pereira Gomes  
Membro da Banca – UFGD/FCA

## AGRADECIMENTOS (Edson Eduardo Oliveira Pereira)

Primeiramente a Deus por ter me proporcionado força e foco para a realização do presente trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados por ter proporcionado esta formação acadêmica e profissional a mim.

Aos meus pais Edson Lopes Pereira e Elixandra Aparecida de Melo Oliveira Pereira por sempre terem acreditado no meu potencial de forma incondicional.

Ao meu irmão Patrick Alexsandro de Oliveira Pereira e minha namorada Brenda Dias Ferreira, pelo grande companheirismo.

À Arioci de Matos Pereira (*in memorian*) por ter sido mais que um avô mais um amigo que acreditava no potencial do seu neto.

À Celi Lopes Figueiredo por ter me sido uma mãe para mim, me acolhendo em Dourados durante minha graduação.

Ao nosso orientador Elton Aparecido Siqueira Martins pela paciência e dedicação em nos orientar, sempre estando disposto pra ajudar.

Ao Prof. Dr Éder Pereira Gomes por sua ajuda e colaboração no desenvolvimento do trabalho.

À José Alves Favela Júnior pelo desenvolvimento do designer do aplicativo Dim canal.

Aos nossos amigos de graduação Aguinaldo Pereira, Edinaldo da Silva Oliveira, Élcio Orosco Gonzaga e Natali Silva Gomes por sempre estarem nos ajudando nos estudos e em nossas dificuldades.

A todos os professores que contribuíram para nossa formação técnica, científica e moral.

## **AGRADECIMENTOS (Wellington Rodrigues da Silva)**

Primeiramente a Deus por ter me fortalecido ao ponto de superar as dificuldades e também por toda saúde que me deu e que permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados que me deu o incentivo e os meios necessários para correr atrás do meu sonho. Ao corpo docente que me deu o maior bem do mundo: o conhecimento.

Aos meus pais Antonio Pedro da Silva e Maria Aparecida Rodrigues Mota da Silva, por serem meus melhores parceiros e por estarem sempre comigo me apoiando, confiando e amparando em todos os momentos.

A minha irmã Angela Aparecida Rodrigues da Silva, pela sua parceria e disposição em estar sempre pronta para ajudar.

A minha namorada Erika Lemes da Silva pelo companheirismo e incentivo nessa reta final da minha vida acadêmica.

Aos meus padrinhos Zélio Vital de Barros e Neide da Silva de Barros, mesmo estando distantes sempre estiveram do meu lado me apoiando incentivando em todos os momentos.

A minha tia Meri Terezinha Mota Vieira, que considero como minha segunda mãe pelo incentivo, carinho e por acreditar nessa tão esperada conquista.

Ao nosso orientador prof. Elton Aparecido Siqueira Martins pela paciência e dedicação em nos orientar, sempre estando disposto para ajudar e transmitir seus conhecimentos, estando sempre a prontidão como orientador professor e amigo.

Ao Prof. Dr Éder Pereira Gomes por sua dedicação e orientação no desenvolvimento do trabalho.

À José Alves Favela Júnior pelo desenvolvimento do designer do aplicativo Dim canal.

Aos nossos amigos que fizeram parte dessa trajetória Aguinaldo Pereira, Alexandre Alves Gonçalves, Eduardo Alves Gonçalves, Denize Marques da Silva, Élcio Orosco Gonzaga, Edinaldo da Silva Oliveira, Fabricio Dantas, José Alves Favela Junior, Franciely Lopes da Cruz, Gilmar Arcanjo Reis, Lolrrayne Gabriella da Silva Barros, Marcio Moreira de Souza, dentre outros nomes não citados.

A todos os professores que contribuíram para minha formação técnica. A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso eu agradeço com todo meu coração.

Obrigado!

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Condutos livres.....	4
2.2. Elementos geométricos de um canal .....	4
2.3. Dimensionamento de canais.....	6
2.4. Dimensionamento de seção econômica .....	6
2.5. Método de dimensionamento das tentativas .....	7
2.6. Coeficiente de rugosidade de Manning .....	7
2.7. App inventor.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Cálculo de vazão de canais .....	11
3.2. Dimensionamento de canais pelo método das tentativas.....	13
3.2.1. Dimensionamento do canal trapezoidal .....	14
3.2.2. Dimensionamento de canal retangular.....	15
3.2.3. Dimensionamento de canal triangular.....	15
3.2.4. Dimensionamentos canais de seção circular .....	16
3.3 Informações do botão “Sobre” e “Tutorial” .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Exemplo de dimensionamento de um canal trapezoidal.....	27
5. CONCLUSÃO .....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Ilustração das dimensões para o calculo de inclinação dos taludes (z).....	5
<b>Figura 2.</b> Plataforma, online, de desenvolvimento de Designer do App Inventor 2. ....	8
<b>Figura 3.</b> Plataforma, online, programação em blocos do App Inventor 2. ....	9
<b>Figura 4.</b> Prévia da tela inicial do aplicativo para o dimensionamento dos canais. ....	10
<b>Figura 5.</b> Tela inicial aplicativo DIM Canal com os botões para direcionar o usuário para as demais telas do aplicativo. ....	18
<b>Figura 6.</b> Notificação para que o usuário escolha o tipo de ação que pretende executar.....	19
<b>Figura 7.</b> Tela para o dimensionamento de canais triangulares (A) e circulares (B) de seção econômica.....	19
<b>Figura 8.</b> Tela para o dimensionamento de canais trapezoidais (A) e retangulares (B) de seção econômica.....	20
<b>Figura 9.</b> Notificação para escolha do tipo de seção que deseja dimensionar. ....	20
<b>Figura 10.</b> Tela para o dimensionamento de canais trapezoidais (A) e retangulares (B) de seção convencional. ....	21
<b>Figura 11.</b> Tela para o dimensionamento de canais triangulares (A) e circulares (B) de seção convencional.....	22
<b>Figura 12.</b> Tela do calculo da vazão trapezoidal (A) retangular (B). ....	23
<b>Figura 13.</b> Tela para calculo da vazão triangular (A) circular (B). ....	24
<b>Figura 14.</b> Lista de coeficientes de rugosidade de Manning inseridos no Dim Canal.....	25
<b>Figura 15.</b> Tela “Sobre” (A), tela Tutorial (B). ....	26
<b>Figura 16.</b> Telas do aplicativo “Canal Hidráulico Engenharia”. ....	27
<b>Figura 17.</b> Telas do aplicativo “Hidro-I”. ....	27
<b>Figura 18.</b> Exemplo do cálculo de seção convencional (A) seção econômica (B).....	28
<b>Figura 19.</b> Exemplo do cálculo de vazão de um canal trapezoidal.....	29

**LISTA DE TABELAS**

	Página
<b>Tabela 1.</b> Coeficientes de rugosidade de Manning (n) para diferentes materiais.....	12
<b>Tabela 2.</b> Constante de Maninng em função da seção de descarga para seções circulares....	13

PEREIRA, Edson Eduardo Oliveira; SILVA, Wellington Rodrigues da. **Densenvolvimento de aplicativo móvel para o dimensionamento de condutos livres**. 2018. 32p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

## RESUMO

Ao dimensionar condutos livres (canais), pode-se realizar o dimensionamento da seção em diferentes formas geométricas sendo as mais comuns trapezoidal, retangular, triangular e circular. Escolhida a seção o projetista devera realizar o dimensionamento na forma de seção econômica preferencialmente, exceto quando as condições locais não permitem. O dimensionamento de canais, quando realizado por calculadoras científicas não programáveis utilizando o método das tentativas, o que é uma atividade mais demorada. Atualmente o uso de aplicativos, instalados em smartphones, para realizar tarefas do dia a dia é muito comum mundialmente. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um aplicativo para smartphones para dimensionar e calcular a vazão para canais de canais seções trapezoidais, retangulares, triangulares e circulares. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma *App Inventor 2* e foi intitulado de “DIM CANAL”. O Dim Canal consiste em oito telas voltadas ao dimensionamento de e cálculo de vazão de canais, mais as telas do Tutorial, Sobre a tela inicial. O aplicativo mostrou-se muito eficiente no dimensionamento e cálculo de vazões de canais, realizando os cálculos rapidamente e com telas bastante intuitivas ao usuário.

**Palavras-chave:** Canais; Seção econômica; Método das tentativas; *App Inventor 2*.

## 1. INTRODUÇÃO

Conduitos livres são aqueles canais que apresentam a superfície do líquido livre em contato com a atmosfera ou ainda aquelas que estão sujeitos a pressão atmosférica em pelo menos um ponto de sua seção de escoamento (AZEVEDO NETO et al., 1998). Esses tipos de construções sempre foram usados para o transporte de água, desde os primórdios das civilizações, e ainda são ensinados em muitos cursos de Engenharias seja na área de construções civil, ou no próprio meio rural, onde está fortemente relacionado ao transporte de água para irrigação e produção de alimentos.

Na maioria dos casos os canais de transporte de água, tem as formas geométricas de suas seções transversais conhecidas, como, por exemplo, trapezoidais, retangulares, triangulares ou circulares, o que de certa forma proporciona facilidade no que diz respeito ao equacionamento para a determinação de parâmetros importantes como vazão e velocidade de escoamento, área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico.

A equação mais conhecida para dimensionamento de conduitos livres usada no Brasil e nos Estados Unidos e demais países de língua inglesa, é a fórmula experimental do engenheiro irlandês Robert Manning (1816-1897) elaborada em 1891 (PERES, 2015). Mais quem iniciou os cálculos de dimensionamento de canais foi Antonie de Chezy (1718-1798). No caso de dimensionamento de canais em regime uniforme, a equação de Manning, devido a sua facilidade de uso, é a mais utilizada pelos projetistas de países ocidentais, qualquer que seja a forma geométrica da seção transversal (GOLDFARB et al., 2004).

A equação de Manning mostra que há a possibilidade de diferenciar canais em dimensionamento convencional e econômico. O canal de seção econômica diz que para uma dada declividade do canal, deve se fixar sua área molhada, assim a velocidade média de escoamento é máxima o raio hidráulico também se máximo, e isso só vai ocorrer quando o perímetro molhado é mínimo. Essas seções hidráulicas são de máxima eficiência e mínimo custo. Ou seja, o custo da construção do canal será mínimo. Levando em considerações as razões econômicas os canais deveriam ser dimensionados para trabalharem com sua máxima eficiência hidráulicas. Outro ponto que deve ser lembrado é que por este critério de dimensionamento se obtém grandes profundidades nos canais, e isso dificulta a sua conservação e manutenção (PERES, 2015).

Muitas vezes os cálculos para o dimensionamento destes canais são feitos por calculadoras científicas não programáveis, na forma de tentativa e erro, realizando-se várias interações, o que torna o dimensionamento do canal tedioso e cansativo. Devido então a esta

necessidade de se dimensionar canais num menor tempo, pode-se utilizar recursos computacionais, como o desenvolvimento de planilhas eletrônicas ou programas computacionais específicos à essa tarefa.

Alguns programas computacionais foram desenvolvidos para auxiliar no dimensionamento de canais, dentre eles pode-se citar “CANAI3.EXE” (PORTO, 1999), o “HIDROS” (PRUSKI et al., 2006) para hidráulica de canais e o “Hydor Aulos” voltado ao dimensionamento de condutos livres (FERREIRA & SCUDELARI, 2004).

Nos últimos anos os smartphones se tornaram muito populares, fazendo parte do cotidiano das pessoas, sendo utilizados para realizar diversos tipos de tarefas. Os smartphones, em muitas das tarefas que são capazes de realizar, podem substituir os tradicionais computadores. Algo muito comum entre os usuários de smartphones é o uso de aplicativos para realizar diversas tarefas, em que dentre essas tarefas destacam-se as relacionadas às engenharias, facilitando o dia a dia do usuário em alguns tipos de dimensionamentos e outras atividades afins.

Com popularização do uso de aplicativos móveis, surgiu algumas plataformas para desenvolvimentos dos mesmos, dentre estas destaca-se a plataforma App Inventor 2 para sistema operacional Android, a qual é uma linguagem de programação visual baseada em blocos (TANCICLEIDE et al., 2013). A programação na plataforma App Inventor consiste em uma linguagem de programação muito didática e intuitiva, em que qualquer usuário com o mínimo de conhecimento de programação consegue rapidamente se familiarizar e desenvolver aplicativos para sistema operacional Android (GOMES & MELO, 2013).

A plataforma App Inventor 2 é composta basicamente de duas janelas, “Designer” na qual é desenvolvido as telas do aplicativo fazendo o uso do método de drag and drop, ou seja, arrastar os componentes do menu para outra área de trabalho, fazendo uso de botões, caixas de texto, legendas e etc. e a janela “Blocks” na qual é programada as ações dos objetos, por meio da inserção de blocos de encaixe, os quais têm funções pré-definidas (MARCON JUNIOR & BONIATI, 2015).

Visto a dificuldade de realizar o dimensionamento de canais utilizando calculadoras científicas não programáveis e a popularização dos smartphones, faz-se necessário o desenvolvimento de um aplicativo para realizar o dimensionamento de canais para as principais seções utilizadas visando auxiliar profissionais da área e o ensino de acadêmicos de graduação de cursos que contemplam o ensino de dimensionamento de canais.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um aplicativo para smartphones para dimensionar e calcular a vazão para canais de seções trapezoidais, retangulares, triangulares e circulares.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Condutos livres**

Os condutos livres são estruturas responsáveis pela condução de água de forma livre podem ser recipientes abertos ou fechados naturais ou artificiais, independentes da forma, sujeito à pressão atmosférica atuando sobre a superfície do líquido, onde o escoamento ocorre necessariamente por gravidade, apresentando-se na prática com uma grande variedade de seções (SOUTO, 2008).

Os tubos embora sejam condutos de seção fechada, também funcionam como condutos livres quando estão operando parcialmente cheios, como é caso das galerias pluviais e dos bueiros. Os canais normalmente apresentam profundidade de escoamento constante. (PERES, 2015).

A hidrodinâmica é o estudo de líquidos em movimento. Se um líquido escoar em contato com a atmosfera diz-se que ele é de escoamento livre (conduto livre) e quando escoar confinado em um conduto de seção fechada com pressão diferente da atmosférica, então se tem o escoamento forçado ou sob pressão. (PERES 2015). A hidráulica em condutos livres ou hidráulica de canais caracteriza-se como uma das disciplinas fundamentais para a formação de engenheiros civis, sanitaristas, ambientais e agrícolas abrangendo os escoamentos sujeitos à pressão atmosférica. Tal disciplina contempla o dimensionamento de canais e galerias de águas pluviais e esgotos, aborda a verificação da capacidade hidráulica de condutos livres com diversos tipos de seções transversais e, também, estuda os fenômenos de ressalto hidráulico e remanso (BRAGA et al., 2017).

### **2.2. Elementos geométricos de um canal**

Os canais podem ser projetados com diferentes formas geométricas de seção transversal (AZAVEDO NETTO, 1998):

- Circular: os condutos de pequenas proporções geralmente são executados com a forma circular, a seção em forma de ferradura (circular) é comumente adotada para grandes aquedutos.
- Trapezoidal: são os canais escavados em terra normalmente que se aproxima tanto quanto o possível da forma semi - hexagonal.

- Retangular: geralmente adotada nos canais de concreto e nos canais abertos em rocha. Tratando – se de seção retangular, a mais favorável é aquela para qual a base (b) é o dobro da altura (h).
- Triangular: geralmente são revestidos, sendo muito comuns nas proximidades de rodovias.

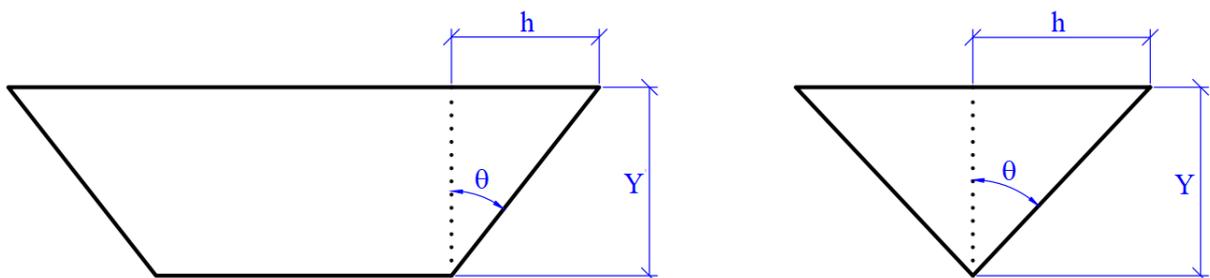
A determinação dos elementos geométricos em canais tais como: perímetro molhado, área molhada, raio hidráulico, profundidade hidráulica, é empregada em inúmeros problemas de engenharia dos quais pode – se citar: projetos de canais de irrigação, canais de navegação, galerias pluviais, aquedutos, canais de esgoto, etc (FERREIRA & SCUDELARI, 2004).

Peres (2015) conceitua as principais variáveis geométricas de canais, sendo elas:.

- Área molhada (A): é a parte da seção transversal que é totalmente ocupada por água.
- Perímetro molhado (P): corresponde à soma dos comprimentos relativos ao fundo e aos taludes do canal que estão em contato direto com a água.
- Raio hidráulico (Rh): é a razão entre a seção molhada e o perímetro molhado do canal. O raio hidráulico é a dimensão característica dos canais abertos, assim como o diâmetro interno dos tubos é para os condutos forçados.
- Lâmina de água (Y): profundidade do canal.
- Base superior (B): é a largura superficial do canal.
- Base inferior (b): é a largura inferior do canal.

Taludes são inclinações das bordas laterais do canal, esse talude é utilizado para calcular a área molhada e perímetro molhado, na maioria dos casos ele é informado em graus, o que faz com que o projetista faça a tangente desse ângulo para encontrar o valor de Z.

A estabilidade dos taludes de um canal depende basicamente do material utilizado na sua construção. Outros fatores, como método de construção e a perda de água por infiltração, também afetam esta escolha. Os valores de Z, para canais de seção trapezoidal e triangular (Figura 1), podem ser calculados conforme as Equações 1 e 2:



**Figura 1.** Ilustração das dimensões para o cálculo de inclinação dos taludes (z).

$$Z = \operatorname{tg}\theta \quad (1)$$

$$Z = \frac{h}{y} \quad (2)$$

### 2.3. Dimensionamento de canais

Canais de seções convencionais são aqueles em que o projetista determina a partir de suas necessidades como será o canal projetado, não fixando nenhuma das variáveis utilizadas na equação de Manning usada para o calcular a vazão, (AZEVEDO NETO, 1998; BAPTISTA & LARA, 2010; PERES, 2015).

### 2.4. Dimensionamento de seção econômica

A equação de Manning mostra que para uma dada declividade do canal, desde que fixada sua área molhada, a velocidade média de escoamento é máxima se o raio hidráulico também for, o que ocorre quando o perímetro molhado é mínimo. Seções que apresentarem estas características são denominadas seções hidráulicas de máxima eficiência ou mínimo custo, também denominadas de seções econômicas. Por razões econômicas, os canais deveriam ser dimensionados para operar com máxima eficiência hidráulica, porém as condições locais de topografia e solo e as práticas de construção e manutenção dos canais podem limitar na prática adoção de seções econômicas (PERES, 2015).

Para canais revestidos admite-se que as paredes do fundo do canal sejam estáveis, assim a integridade da forma do canal e do seu revestimento é assegurada, associado a isso deve-se procurar fazer a otimização de seção transversal para transportar a vazão de projeto. Com este efeito tendo em vista o custo de implantação, um critério básico de projeto corresponderia exatamente à minimização da área a ser revestida e do volume de escavação, que desempenham papel importante na composição de custos do canal. Assim, a vazão máxima é observada para uma situação de perímetro molhado mínimo com a área molhada, rugosidade e declividade constante (BAPTISTA & LARA, 2010).

## 2.5. Método de dimensionamento das tentativas

Muitas vezes o dimensionamento de canais é feito pelo método de tentativas, ou seja vai se fazendo pequenos incrementos na base menor ou altura da lâmina, até chegar a vazão desejada, o fato é que essas tentativas levam muito tempo para serem feitas a mão com isso o uso de aplicativos para fazer o dimensionamento de canais é muito útil, pois ele diminui o tempo de cálculo, dando ao projetista o dimensionamento do canal desejado em poucos segundos.

## 2.6. Coeficiente de rugosidade de Manning

Pela teoria do escoamento em canais livres, o coeficiente de rugosidade ( $n$ ) de Manning é um dos principais parâmetros para descrição da vazão sobre uma superfície. Uma das dificuldades da aplicação da equação de Manning é a definição do seu coeficiente de rugosidade (LYRA et al., 2009).

A determinação direta do coeficiente de rugosidade, baseada na medição de vazões e de características das seções, quando exequível, é raramente efetuada, pois envolve trabalhos de campo, implicando prazos e recursos relativamente elevados (BAPTISTA & LARA, 2010).

A utilização de tabelas fornece o valor de “ $n$ ” em função das características das superfícies de contato com o líquido.

## 2.7. App inventor

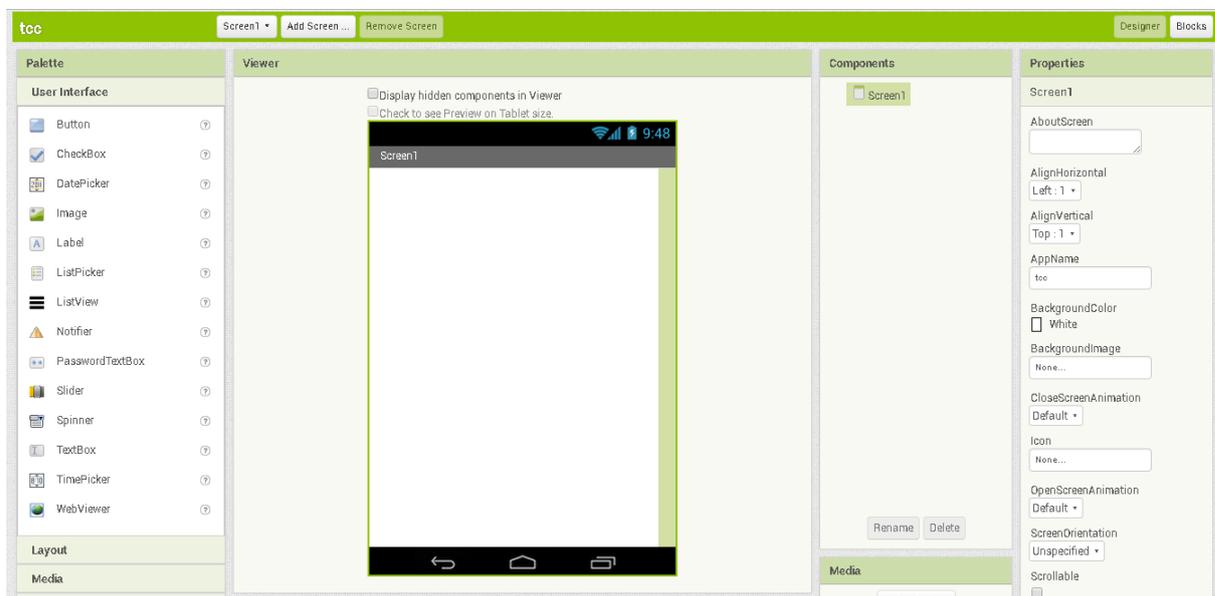
O App Inventor 2 é uma plataforma de programação, atualmente do Massachusetts Institute of Technology, mais baseado no App Inventor Classic iniciado pela Google que por sua vez teve início em uma dissertação de mestrado do MIT por Ricarose Roque (MITCHELL, 2014)

O App Inventor 2 é um ambiente de programação visual *on-line* que permite a criação de aplicativos para dispositivos móveis Android, por meio de blocos de códigos. Dessa forma o processo de desenvolvimento é facilitado (MITCHELL, 2014)

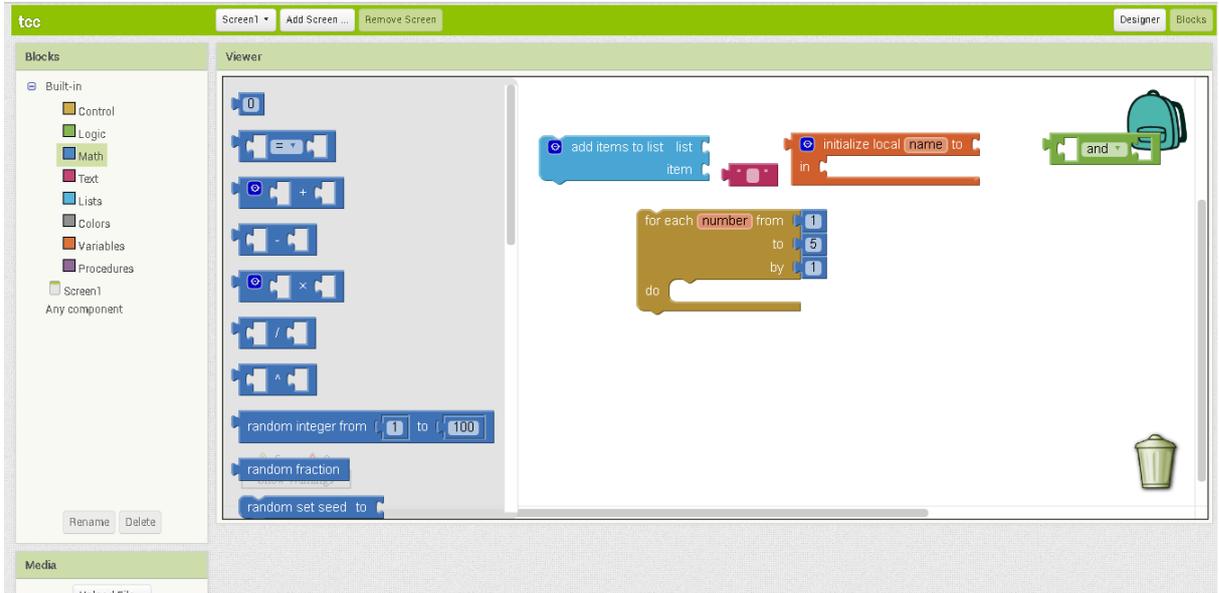
A empresa Google iniciou o desenvolvimento do App Inventor, em 2009. Porém anunciou, dois anos depois, que não daria continuidade à ferramenta e o Centro de *Mobile Learning* do MIT foi selecionado para sediar um servidor público para o App Inventor, além de tornar aberto o seu código-fonte (CLARK, 2013).

A plataforma *App Inventor 2*, dispõe de um site, que contém diversas informações sobre a mesma, contendo tutoriais de aprendizado e técnicas de ensino de programação, tanto para iniciantes como para professores, existe também fóruns de discussão, blogs, notícias e eventos relacionados à utilização da plataforma (FINIZOLA et al., 2014).

A forma de construção dos comandos dos aplicativos é efetuada por meio da chamada “programação visual”, na Figura 2 pode-se observar a plataforma online do App Inventor 2 onde as telas são desenvolvidas, já na Figura 3 mostra onde as ações são estruturadas pela justaposição de blocos lógicos justapostos, semelhantes a peças de quebra-cabeça (WOLBER et al., 2011).



**Figura 2.** Plataforma, online, de desenvolvimento de Designer do App Inventor 2.



**Figura 3.** Plataforma, online, programação em blocos do App Inventor 2.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O aplicativo para o dimensionamento de canais foi desenvolvido por acadêmicos juntamente com professores da Universidade Federal da Grande Dourados mais especificadamente da Faculdade de Ciências Agrárias e foi intitulado de “DIM Canal”, o qual tem a função de dimensionar canais com as seguintes seções: trapezoidal, retangular, triangular e circular, além de realizar o procedimento inverso do dimensionamento, ou seja, calcular a vazão de um canal. O aplicativo será desenvolvido na plataforma *App Inventor 2*, atualmente mantido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

O Aplicativo “DIM Canal” foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira o desenvolvimentos das telas, fazendo uso das ferramentas de criação de telas da plataforma *App Inventor 2*, utilizando principalmente botões, caixas de texto, legendas e figuras, e a segunda será o desenvolvimento do algoritmo com as rotinas para a execução das tarefas de cada tela.

A tela inicial do aplicativo contém seis botões de interação com usuário, em que esses botões serão dispostos conforme a Figura 4.



**Figura 4.** Prévia da tela inicial do aplicativo para o dimensionamento dos canais.

Os quatro primeiros botões da tela inicial, Figura 4, foram destinados ao direcionamento para as telas de dimensionamento dos canais com suas respectivas formas geométricas de seções transversais. Ao usuário selecionar um desses botões o aplicativo solicita que o usuário informe se ele deseja dimensionar o canal com a respectiva forma geométrica da seção transversal selecionada anteriormente ou se deseja apenas calcular a

vazão escoada por um canal, com as dimensões conhecidas de sua secção transversal. Os outros dois botões são o botão “Tutorial”, que irá direcionar o usuário para uma tela contendo uma sequencia de instruções de uso do aplicativo, e o botão “Sobre” que irá abrir direcionar para uma tela com informações sobre o aplicativo e seus desenvolvedores.

Para desenvolver os leiautes das telas do aplicativo, além da janela “Designer” da plataforma App Inventor 2, foi utilizado o software Corel Draw para desenvolver elementos gráficos que irão compor as telas do aplicativo.

### 3.1. Cálculo de vazão de canais

Ao o usuário selecionar a opção para calcular a vazão de água escoada em canal de uma determinada seção, o aplicativo solicita que o usuário informe as dimensões da seção transversal do canal, a declividade do canal, o coeficiente de rugosidade do mesmo e para canais de seção circular a constante de Manning. Ao usuário informar esses dados e clicar em calcular o aplicativo retorna para o mesmo a vazão escoada pelo canal.

Para realizar o cálculo da vazão em canais com seções trapezoidais, retangulares e triangulares foi utilizada a Equação de Manning (Equação 3).

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{0,67} \cdot I^{0,5}}{n} \quad (3)$$

em que:

Q - vazão,  $m^3 s^{-1}$ ;

Rh - raio hidráulico, m;

I - declividade do canal,  $m m^{-1}$ ;

n - coeficiente de rugosidade, adimensional; e

A - área molhada,  $m^2$ .

O coeficiente de rugosidade (n), do material de revestimento do canal

**Tabela 1.** Coeficientes de rugosidade de Manning (n) para diferentes materiais.

<b>Revestimento</b>	<b>Rugosidade usual</b>
Aço	0,012
Aço corrugado	0,022
Alvenaria de tijolos	0,015
Asfalto liso	0,013
Cascalhado	0,025
Concreto com acabamento	0,015
Concreto pré-moldado	0,013
Concreto projetado	0,020
Concreto sem acabamento	0,017
Ferro fundido	0,014
Gabiões	0,030
Gramma	0,027
Manilha vitrificada	0,014
Rocha sem revestimento	0,035
Solo sem revestimento	0,023

Fonte: Adaptado de Peres (2015) e Baptista & Lara (2003).

As equações para o cálculo do raio hidráulico e área molhada, necessários na Equação 3 para calcular a vazão para diferentes formas geométricas de seções transversais de canais, são apresentadas nos itens referentes ao dimensionamento de canais com seção convencional nos itens a seguir.

O cálculo da vazão escoada em um canal de seção circular foi viabilizado pela equação de Manning da forma simplificada conforme Cruciani (1986), Equação 4.

$$Q = \frac{K \cdot Rh^{0,67} \cdot I^{0,5}}{n} \quad (4)$$

em que:

K - constante de Manning, adimensional

A constante de Manning encontra-se na Tabela 2, em função da seção de descarga do canal do circular.

**Tabela 2.** Constante de Manning em função da seção de descarga para seções circulares.

Seção de descarga (Y/D)	Área molhada (m <sup>2</sup> )	Raio hidráulico (m)	Constante de Manning – K
0,50	0,393 D <sup>2</sup>	0,250 D	0,156
0,60	0,471 D <sup>2</sup>	0,277 D	0,200
0,70	0,550 D <sup>2</sup>	0,296 D	0,244
0,80	0,628 D <sup>2</sup>	0,304 D	0,284
0,90	0,707 D <sup>2</sup>	0,298 D	0,315
0,95	0,746 D <sup>2</sup>	0,286 D	0,324
1,00	0,785 D <sup>2</sup>	0,250 D	0,311

Fonte: Cruciani (1986).

### 3.2. Dimensionamento de canais pelo método das tentativas

O método de dimensionamento de canais, tanto de seção convencional quanto de econômica, foi realizado pelo método das tentativas. O método das tentativas consiste em apresentar a equação de Manning separando as variáveis hidráulicas das geométricas com a finalidade de igualar os termos da equação, conforme Equação 5.

$$\frac{Q \cdot n}{I^{0,5}} = A \cdot Rh^{0,67} \quad (5)$$

Ao o usuário selecionar no aplicativo que deseja dimensionar um canal para escoar uma determinada vazão (vazão de projeto), o aplicativo solicita algumas informações básicas para iniciar o dimensionamento, independente da forma geométrica da seção transversal do canal e do tipo de seção, se econômica ou convencional, sendo essas informações a declividade do canal, o material de revestimento do mesmo e inclinação do talude.

O dimensionamento de canais, tanto de seções convencionais quanto econômicas, foi realizado com variações na profundidade do canal (Y, em m), a qual é a altura da lamina de água mais uma folga, em que o valor inicial dessa variável será de 0,01 m, a partir desse valor inicial será iniciado as tentativas (iterações), em que as mesmas serão incrementadas de 0,005 em 0,005 m até que a condição seja satisfeita (a igualdade) proposta na Equação 5. Para isso foi utilizado a estrutura de repetição do tipo “While”, conforme esquematizado a seguir:

```

While [ (Vazão calculada) <= (Vazão de projeto) ]
{
    Bloco de códigos para dimensionar o canal
    Y = Y + 0,005
}

```

Ao terminar de executar o dimensionamento o aplicativo retornar para o usuário as dimensões geométricas da seção transversal do canal, área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico, vazão e velocidade de escoamento da água.

A seguir são apresentadas as equações utilizadas para o dimensionamento dos canais com as diferentes formas de seção transversal (trapezoidal, retangular, triangular, circular) tanto convencionais como econômicas, conforme descrito por PERES (2015).

### 3.2.1. Dimensionamento do canal trapezoidal

Para o dimensionamento de canais trapezoidais de seção convencional, o usuário precisa informar como variáveis de entrada a declividade do, a rugosidade do material de revestimento, a inclinação do talude (Z) e a dimensão da base menor do canal (b). Após clicar no botão “Calcular” o aplicativo inicia as iterações para dimensionar o canal, em que as variáveis área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico e a dimensão da base maior são calculadas conforme as Equações 6, 7, 8 e 9.

$$A = Y \cdot (b + Z \cdot Y) \quad (6)$$

$$P = b + 2 \cdot Y \cdot \sqrt{1 + Z^2} \quad (7)$$

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (8)$$

$$B = 2 \cdot Z \cdot Y \quad (9)$$

em que:

P - perímetro molhado, m.

Já para o dimensionamento de canal trapezoidal de seção econômica as variáveis de entrada solicitadas pelo aplicativo serão as mesmas do canal trapezoidal de seção convencional, exceto a dimensão da base menor do trapézio (b). Assim, os parâmetros

hidráulicos para o dimensionamento de canais trapezoidais de seção econômica, em função da profundidade de escoamento do canal (Y), nós precisamos usar as Equações 10, 11, 12, 13 e 14, respectivamente.

$$A = 1,73 \cdot Y^2 \quad (10)$$

$$P = 3,46 \cdot Y \quad (11)$$

$$Rh = 0,50 \cdot Y \quad (12)$$

$$B = 2 \cdot Z \cdot Y \quad (13)$$

$$b = 1,15 \cdot Y \quad (14)$$

### 3.2.2. Dimensionamento de canal retangular

O dimensionamento de canal retangular seção convencional o usuário deve informar a declividade, a rugosidade a base menor e a vazão do canal a ser dimensionado.

$$A = b \cdot Y \quad (15)$$

$$P = b + 2 \cdot Y \quad (16)$$

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (17)$$

Porém os parâmetros hidráulicos para as seções econômicas, para canais retangulares de utilização mais comum em função da profundidade de escoamento do canal (Y), onde o usuário só deve informar a declividade, a rugosidade e a vazão do canal são:

$$A = 2 \cdot Y \quad (19)$$

$$P = 2 \cdot Y^2 \quad (20)$$

$$Rh = 0,50 \cdot Y \quad (21)$$

$$b = 2 \cdot Y \quad (22)$$

### 3.2.3. Dimensionamento de canal triangular

O dimensionamento de seção triangular convencional se dá utilizando as equações 23, 24, 25 e 26. Onde o usuário deve informar a declividade, a rugosidade a vazão e a inclinação do talude que ele deseja para o canal.

$$A = Z \cdot Y^2 \quad (23)$$

$$P = 2 \cdot Y \cdot \sqrt{1 + Z^2} \quad (24)$$

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (25)$$

$$B = 2 \cdot Y \cdot Z \quad (26)$$

Para dimensionamento da seção triangular econômica, utiliza-se as equações 23, 24, 25 e 26. porém é considerado que o talude ( $\theta$ ) com ângulo igual a  $45^\circ$ , sendo assim o valor de Z é igual a 1.

### 3.2.4. Dimensionamentos canais de seção circular

Para seções circulares convencionais o usuário deve informar a relação Y/D (tabela 2) para a partir daí o aplicativo selecione a constante de Manning respectiva que será utilizada, deve-se informar também a declividade, a inclinação e a vazão do canal que ele deseja, para o aplicativo iniciar o dimensionamento.

$$D = \sqrt[2,67]{\left(\frac{Q \cdot n}{K \cdot I^{0,5}}\right)} \quad (27)$$

Para dimensionar a seção circular, a expressão originada de Manning, no dimensionamento econômico, pode ser apresentada da seguinte forma (CRUCIANI, 1986).

$$D = \left(\frac{Q \cdot n}{0,324 \cdot I^{0,5}}\right)^{0,375} \quad (28)$$

As seções circulares serão as únicas que o aplicativo não fara pelo método de tentativas, o usuário sempre deve informar a seção de descarga que pretende utilizar, no caso de seção econômica circular a seção de descarga será sempre fixa em 0,95, obtendo assim uma constante de Manning de 0,324 o usuário também deve informar a declividade a rugosidade e a vazão do canal

### **3.3 Informações do botão “Sobre” e “Tutorial”**

O botão “Sobre” exibirá uma tela que disponibilizará informações sobre o aplicativo e os seus desenvolvedores.

O botão “Tutorial” exibirá informações sobre como o usuário utilizara as ferramentas disponíveis no programa.

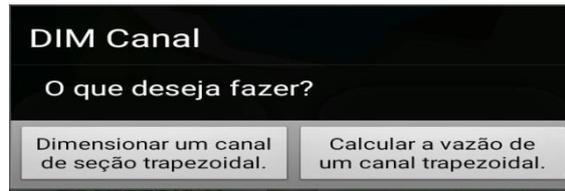
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na proposta inicial para a tela principal do aplicativo Dim canal Figura 4 foi desenvolvida a tela principal do aplicativo, Figura 5, a qual tem a função de direcionar o usuário para as demais telas do aplicativo.



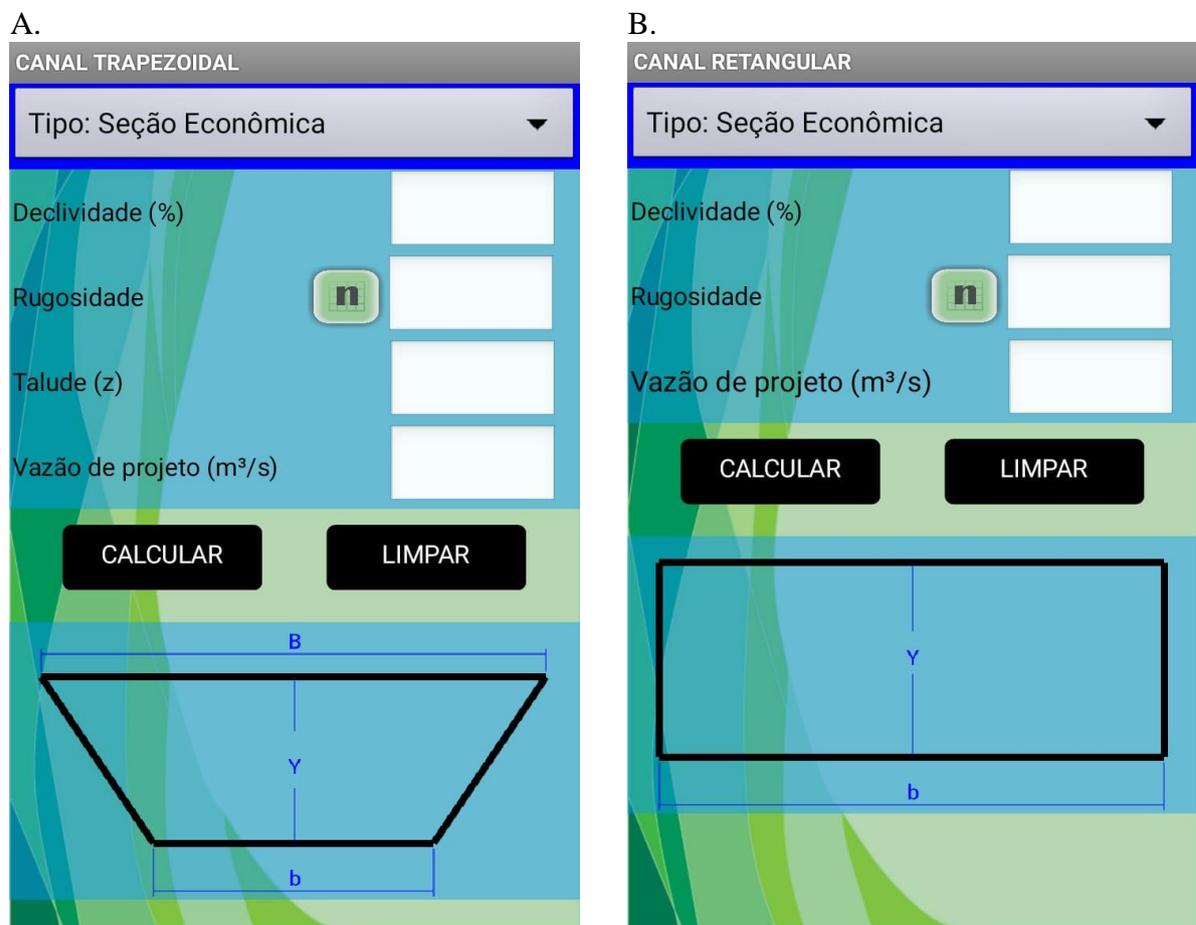
**Figura 5.** Tela inicial aplicativo DIM Canal com os botões para direcionar o usuário para as demais telas do aplicativo.

Ao usuário selecionar, na tela inicial Figura 5 o formato da seção transversal (trapezoidal, retangular, triangular ou circular), o aplicativo exibe uma notificação questionando o usuário se o mesmo deseja dimensionar um canal do com respectivo formato de seção selecionado anteriormente ou se apenas deseja calcular sua vazão Figura 6.



**Figura 6.** Notificação para que o usuário escolha o tipo de ação que pretende executar.

Em função da escolha que o usuário realizar na mensagem de notificação apresentada na Figura 6, o aplicativo Dim canal direciona o usuário para uma tela secundária Figuras (7A, 7B, 8A, 8B) dependendo do tipo de seção que foi escolhida



**Figura 7.** Tela para o dimensionamento de canais triangulares (A) e circulares (B) de seção econômica.

**A.**

**CANAL TRIANGULAR**

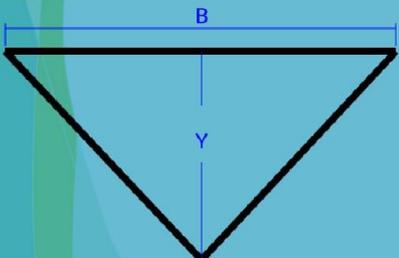
Tipo: Seção Econômica ▼

Declividade (%)

Rugosidade

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**CALCULAR** **LIMPAR**



**B.**

**CANAL CIRCULAR**

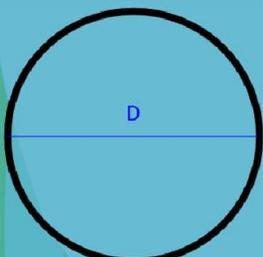
Tipo: Seção Econômica ▼

Declividade (%)

Rugosidade

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**Calcular** **Limpar**



**Figura 8.** Tela para o dimensionamento de canais trapezoidais (A) e retangulares (B) de seção econômica.

Quando o usuário selecionar a forma geométrica que deseja dimensionar seu canal o aplicativo vai direto para seção econômica, porém o usuário pode se sentir livre para selecionar a opção seção convencional, conforme a Figura 9 e assim fazem o dimensionamento convencional.

**Tipo de seção**

Tipo: Seção Econômica

Tipo: Seção Convencional

**Figura 9.** Notificação para escolha do tipo de seção que deseja dimensionar.

Pode-se observar que no dimensionamento de seções econômicas em quase todos os casos as variáveis de entrada são as mesmas (declividade, rugosidade e vazão) exceto na seção trapezoidal que além das variáveis já citada o usuário ainda deve informar o talude.

Caso o usuário selecione na Figura 7 a opção de dimensionamento de seção convencional o aplicativo irá direcioná-lo para as telas secundárias ilustradas na Figuras (10A, 10B, 11A, 11B)

**A.**

**CANAL TRAPEZOIDAL**

Tipo: Seção Convencional ▼

Declividade (%)

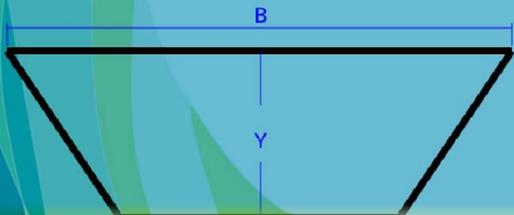
Rugosidade

Talude (z)

b (m)

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**CALCULAR** **LIMPAR**



**B.**

**CANAL RETANGULAR**

Tipo: Seção Convencional ▼

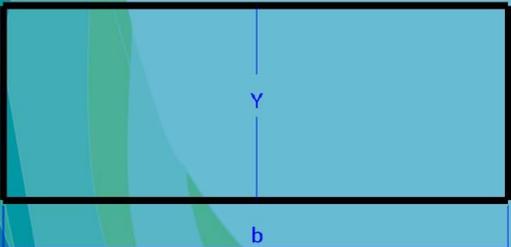
Declividade (%)

Rugosidade

b (m)

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**CALCULAR** **LIMPAR**



**Figura 10.** Tela para o dimensionamento de canais trapezoidais (A) e retangulares (B) de seção convencional.

**A.**

**CANAL TRIANGULAR**

Tipo: Seção Convencional ▼

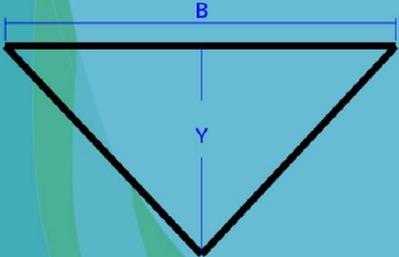
Declividade (%)

Rugosidade

Talude

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**CALCULAR** **LIMPAR**



**B.**

**CANAL CIRCULAR**

Tipo: Seção Convencional ▼

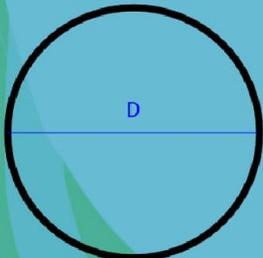
Seção de Descarga (Y/D): 0.5 ▼

Declividade (%)

Rugosidade

Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s)

**Calcular** **Limpar**



**Figura 11.** Tela para o dimensionamento de canais triangulares (A) e circulares (B) de seção convencional.

Quando o dimensionamento for de seções convencionais haverá um acréscimo de variáveis a serem inseridas além das quem estão nas de seções econômicas no caso das Figuras (10A, 10B) deve-se informar a base menor, na Figura 11A deve-se informar o talude da seção triangular e na Figura 11B o usuário deve selecionar o tipo de seção de descarga que ele utilizara.

O usuário que for utilizar o aplicativo Dim Canal também pode calcular a vazão do seu canal caso ele já esteja projetado, ou para verificação se com o seu dimensionamento o canal atende a vazão que ele necessita, assim ele deve selecionar a opção (Calcular a vazão de um canal) e calcular a vazão do canal que ele deseja. A figura (12A), (12B), (13A) e (13B) mostra como ficou a tela para o calcular de vazão para cada tipo de seção.

A.

**CÁLCULO DE VAZÃO DE CANAL TRAPEZOIDAL**

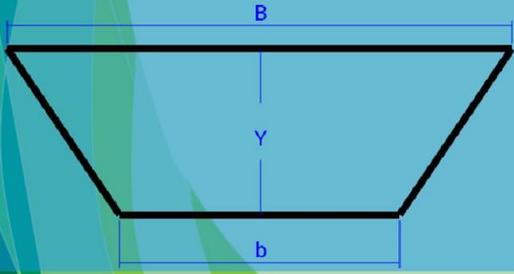
Declividade (%)

Rugosidade

B (m)

b (m)

Y (m)



B.

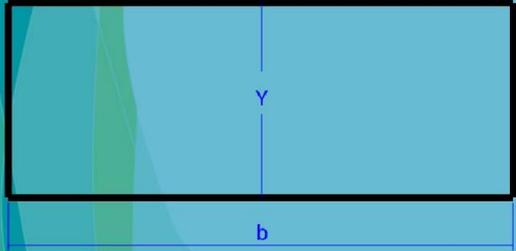
**CÁLCULO DE VAZÃO DE CANAL RETANGULAR**

Declividade (%)

Rugosidade

b (m)

Y (m)



**Figura 12.** Tela do cálculo da vazão trapezoidal (A) retangular (B).

**A.**

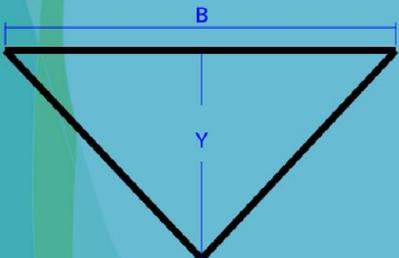
**CÁLCULO DE VAZÃO DE CANAL TRIANGULAR**

Declividade (%)

Rugosidade

B

Y



**B.**

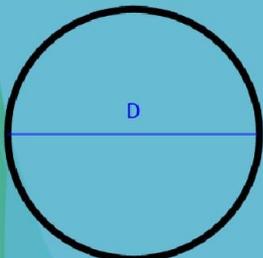
**CÁLCULO DE VAZÃO DE CANAL CIRCULAR**

Seção de Descarga (Y/D): 0.5 ▼

Declividade (%)

Rugosidade

D (m)



**Figura 13.** Tela para cálculo da vazão triangular (A) circular (B).

Os valores do coeficiente de rugosidade de Manning ( $n$ ) podem ser selecionados pelo usuário conforme o material que o canal é feito. O aplicativo já traz alguns materiais de construção de canal e seus respectivos valores de “ $n$ ” usual Figura 14 porém caso ele ache necessário pode inserir o valor de coeficiente que achar mais conveniente.

MIT AI2 Companion
Aço
Aço corrugado
Alvenaria de tijolos
Asfalto liso
Cascalhado
Concreto com acabamento
Concreto pré-moldado
Concreto projetado

**Figura 14.** Lista de coeficientes de rugosidade de Manning inseridos no Dim Canal.

Na Figura 15A é ilustrada a tela “Sobre” do aplicativo, na qual constam os desenvolvedores do mesmo. Já na Figura 15B está ilustrada a tela do “Tutorial” explicando a funcionalidade básica de cada tela do aplicativo.

A.



**DIM CANAL**  
Versão 5.0

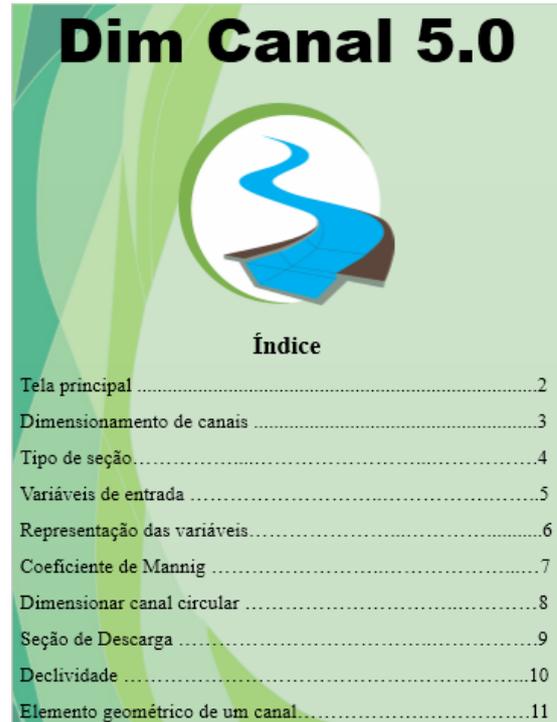
O aplicativo Dim Canal foi desenvolvido por professores e acadêmicos do curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

**DESENVOLVEDORES**

- ÉDER PEREIRA GOMES  
[edergomes@ufgd.edu.br](mailto:edergomes@ufgd.edu.br)
- EDSON EDUARDO OLIVEIRA PEREIRA  
[eduardo\\_95pereira@hotmail.com](mailto:eduardo_95pereira@hotmail.com)
- ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS  
[eltonmartins@ufgd.edu.br](mailto:eltonmartins@ufgd.edu.br)
- JOSÉ ALVES FAVELA JÚNIOR  
[josefavela\\_junior@hotmail.com](mailto:josefavela_junior@hotmail.com)
- WELLINGTON RODRIGUES DA SILVA  
[wellington-s-r@hotmail.com](mailto:wellington-s-r@hotmail.com)

UFGD Universidade Federal da Grande Dourados  
FCA  
EA

B.



**Dim Canal 5.0**

**Índice**

Tela principal .....	2
Dimensionamento de canais .....	3
Tipo de seção .....	4
Variáveis de entrada .....	5
Representação das variáveis .....	6
Coefficiente de Mannig .....	7
Dimensionar canal circular .....	8
Seção de Descarga .....	9
Declividade .....	10
Elemento geométrico de um canal .....	11

Figura 15. Tela “Sobre” (A), tela Tutorial (B).

Realizando pesquisas na *Play Store* foi encontrado alguns aplicativos para smartphones que realizam o dimensionamento de canais como “Canal Hidráulico Engenharia” um aplicativo que dispõem de cálculos para o dimensionamento de canais, ele possui ate mais opções de seções, porém comparado ao “DIM Canal” ele não é tão didático sendo um pouco mais complexo, além de não possuir nenhum tutorial explicativo.



Selecionar o tipo de cálculo

**SELEÇÃO CANAL**

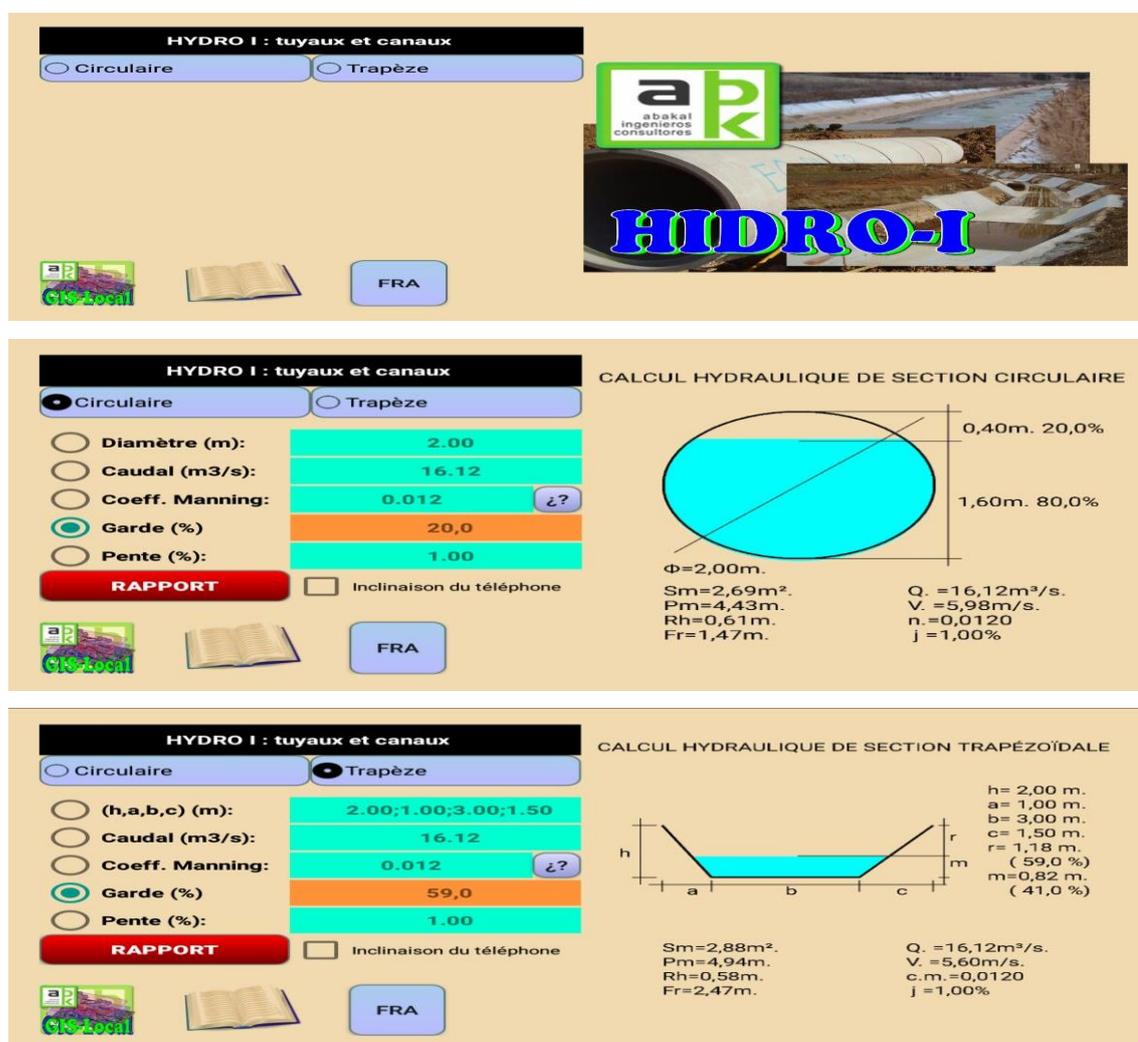
- seção retangular
- Seção trapezoidal simétrica
- Seção trapezoidal
- Seção triangular simétrica
- Seção triangular
- Seção circular
- Seção parabólica

Diagrama de seção trapezoidal com dimensões:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $y$ .

y (m): metros      b (m): metros  
 a (m):              c (m):  
 d (m):              e (m):  
 Declive(m/m): metros/metros  
 Tipo de revestimento      Rugosidade (k):  
 Canal revestido de concreto boas condições      0,012  
 Calcular

**Figura 16.** Telas do aplicativo “Canal Hidráulico Engenharia”.

O aplicativo “Hidro-I” também realiza dimensionamentos de canais, mas é muito limitado fazendo apenas o dimensionamento de seções circulares e trapezoidais não realizando dimensionamentos econômicos e não tendo uma versão em português.

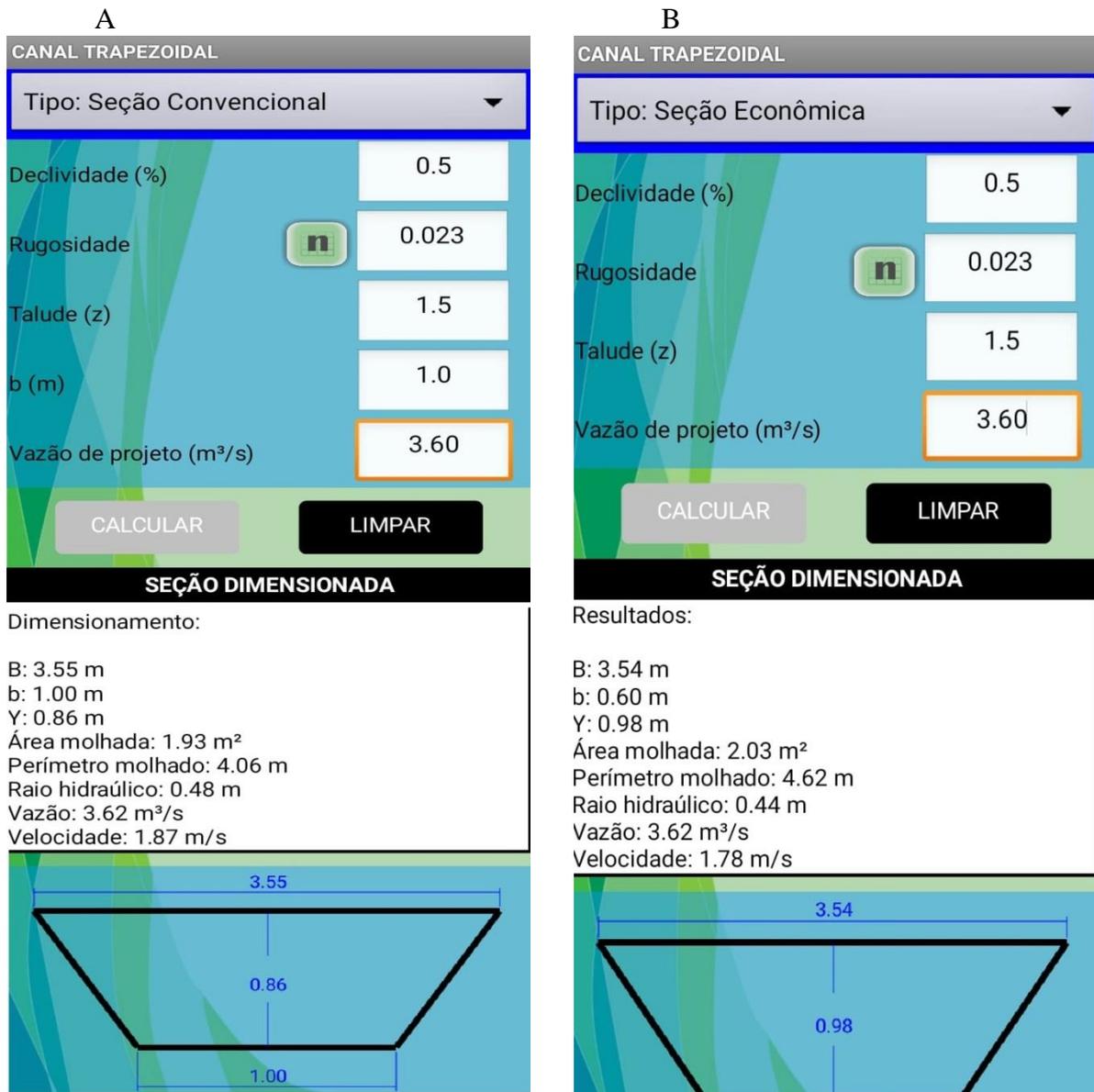


**Figura 17.** Telas do aplicativo “Hidro-I”.

#### 4.1. Exemplo de dimensionamento de um canal trapezoidal

Após inseridos os valores para dimensionamento de um canal de seção qualquer, o aplicativo começou a fazer as interações até chegar nos valores que mais se aproxima da vazão de projeto, após feito isso o aplicativo apresentará os valores do dimensionamento, conforme mostra a Figura 18, onde se fez um dimensionamento de um canal trapezoidal uma declividade de 0,5%, de solo sem revestimento já tem como opção no próprio aplicativo, taludes de 1.5, base de 1 metro a uma vazão de 3,6 m<sup>3</sup>/s.

Este tipo de resultado aparecerá para qualquer tipo de seção e geométrica de canal escolhida.



**Figura 18.** Exemplo do cálculo de seção convencional (A) seção econômica (B).

O aplicativo também calcula vazão do canal, caso este já esteja dimensionado como mostra a figura 19.

**CÁLCULO DE VAZÃO DE CANAL TRAPEZOIDAL**

Declividade (%)

Rugosidade  **n**

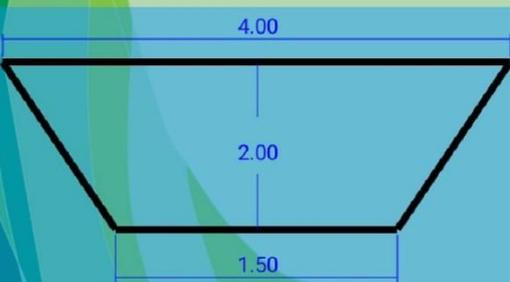
B (m)

b (m)

Y (m)

**RESULTADOS**

Vazão: 2.53 m<sup>3</sup>/s  
Área molhada: 5.00 m<sup>2</sup>  
Perímetro molhado: 7.16 m  
Raio hidráulico: 0.70 m



O diagrama mostra um canal trapezoidal com as seguintes dimensões: a largura superior (B) é de 4.00 m, a largura inferior (b) é de 1.50 m e a altura (Y) é de 2.00 m. As dimensões são indicadas por linhas azuis com setas e rótulos numéricos.

**Figura 19.** Exemplo do cálculo de vazão de um canal trapezoidal.

## 5. CONCLUSÃO

O aplicativo DIM Canal se apresenta muito útil e prático nos cálculos de dimensionamento e vazão de canal, pois em poucos instantes ele faz as iterações que levaria um tempo maior se fossem feitas a mão.

O aplicativo poderá ser utilizado para o auxílio de projetistas da área sendo que ele contém as mais utilizadas formas geométricas de seções. Outro ponto importante é integração do aplicativo como ferramenta de ensino, mostrando a estudantes da área o conceito teórico de sala de aula, junto as tecnologias atuais para facilitar os cálculos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L. G. H.; RAMOS, M. M.; SILVA, D. D.; CECON, P. R.; FREITAS, L. C. S. R. Desenvolvimento de um regulador automático de vazão para canais de irrigação. *Eng. Agrícola.*, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1165 – 1177, 2010.

AZEVEDO NETTO, J. M. (1998). *Manual de hidráulica 8. ed.* São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 670p.: **Embrapa Agroindústria Tropical.**

BAPTISTA, M.; LARA, M. Fundamentos de Engenharia Hidráulica/ Márcio Benedito Baptista, Márcia Maria Lara Pinto Coelho.- 3. Ed. revisado e ampliada – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 473 p.

BRAGA, P. H.; FILHO MENEZES, F. C. M.; FREIRE, G. M. Desenvolvimento de um aplicativo android para hidráulica de canais. **Revista eletrônica de engenharia civil**, v. 13, n. 1, p. 297 – 303, 2017.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura.** 4 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 337p.

FERREIRA, M. D.; SCUDELARI, A. C. Computação Como Ferramenta Auxiliar no Estudo da Hidráulica de Canais. **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia Agrícola (COBENGE)**, 2004.

FINIZOLA, A, B; RAPOSO, E, H, S; PEREIRA, M, B, P, N; GOMES, W, S; ARAUJO, A, L, S, O; SOUZA, F, V, C. O ensino de programação para dispositivos móveis utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio. **3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação.** 2014.

GOLDFARB, M. C.; SILVA, T. C.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A. Escoamento uniforme em canais circulares lisos. Parte II: comparação entre o método de Kazemipour e a equação de Manning. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 180-183, 2004.

GOMES, T. C.; MELO, J. C. App Inventor for Android: Uma Nova Possibilidade para o Ensino de Lógica de Programação. **II Congresso Brasileiro de Informática na Educação(CBIE).Workshops (WCBIE)**, p. 620-629, 2013.

LYRA, G. B.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; LYRA, G. B. Coeficiente de rugosidade de Manning para o rio Paracatu. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 343-350, 2010.

MARCON JUNIOR, R. P; BONIATI, B. B. LogicBlocks: Uma Ferramenta para o Ensino de Lógica de Programação. **Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação.** n.1, p. 63-70, 2015.

MITCHELL, E. **Introduction step-by-step guide to easy Android app programming.** 1º ed. Disponível em:

[https://play.google.com/books/reader?id=sPlfBQAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=pt\\_BR&pg=GBS.PP1](https://play.google.com/books/reader?id=sPlfBQAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=pt_BR&pg=GBS.PP1)>. Acessado em: 21 de Junho 2018.

Peres, J. G. Hidráulica agrícola / José Geanini Peres. **São Carlos: EdUFSCar**, 2015. 429 p.

PORTO, R. P. (1999). Hidráulica básica 2<sup>a</sup> ed. *São Carlos: EESC-USP*.

PRUSKI, F. F. (2006). Hidros - Dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. 259p.

SILVA, A.M.; PAIVA, I. G.; FORTES, D. X. Desenvolvimento de Aplicativo para Android com uso do MIT APP Inventor. **Revista Científica da FASETE**, p. 191- 203, 2017.

SOUTO, JANAÍNA NEVES. **Análise e estudo de escoamento em condutos livres com um tratamento computacional através de software de simulação**. 131 f. Monografia (trabalho de conclusão de curso) – Engenharia da Computação, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – UniCEUB, 2008.

WOLBER, D. et al. **App Inventor: Create your own apps**. Sebastopol: O'Reilly, 2011.