

## APLICATIVO MULTIPLATAFORMA PARA DIMENSIONAMENTO DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL

LUARA VIEIRA DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; FLÁVIO GONÇALVES OLIVEIRA<sup>2</sup> E FLÁVIO PIMENTA FIGUEIREDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais - Campus Montes Claros, Avenida Universitária, 1000, CEP 39404-547, Montes Claros - MG. Fone: (38) 99206972. Email: [luara.moc@gmail.com](mailto:luara.moc@gmail.com).

<sup>2</sup>Engenheiro agrícola-DSc, Professor do instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

<sup>3</sup>Engenheiro agrícola-DSc, Professor do instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

### 1 RESUMO

Este trabalho tem como foco principal melhorar a qualidade e eficiência do dimensionamento de sistemas de irrigação por pivô central. Em vista da carência de ferramentas computacionais generalizadas e a necessidade de agilizar a tomada de decisão encapsulando as especificidades do dimensionamento da irrigação criou-se o aplicativo móvel SMARTPIVO desenvolvido em linguagem de programação aplicada a web, junto ao framework cordova, o que permite a criação de um aplicativo multiplataforma, android, ios, windowsphone, windows 8 e 10. Os procedimentos matemáticos realizados pelo programa compreendem o dimensionamento de pivô central descritos por Colombo (2003). Como dados de entrada é necessário informar: dados topográficos, dados meteorológicos, informações referentes a cultura e hidráulicas. O software procede então o dimensionamento de forma rápida e precisa.

**Palavras-Chave:** agricultura irrigada, software, planejamento hidráulico.

### OLIVEIRA L. V. de; OLIVEIRA F. G.; FIGUEIREDO F.P. CROSS-PLATFORM APPLICATION TO DEFINE THE SIZE OF CENTER PIVOT IRRIGATION DESIGN

### 2 ABSTRACT

This paper aims to improve the design quality and efficiency of central pivot irrigation systems. In view of the lack of generalized computational tools and the need to hasten the decision-making process by separating the irrigation sizing specifics, the SMARTPIVO mobile application was developed in a programming language applied to the web, along with the cordova framework, which allows the creation of a cross-platform application, android, ios, windows phone and windows 8 and 10 for PC. The mathematical procedures performed by the program comprise the central pivot size described by Colombo (2003). Some data is necessary to be input in the system, such as: topographic data, meteorological data, crop and hydraulic information. The software then proceeds to define the size of an irrigation system quickly and accurately.

**Keywords:** irrigated agricultural crops, software, hydraulic planning.

### 3 INTRODUÇÃO

Segundo FAO (2015) a utilização de água potável no mundo destinada à agricultura corresponde a 70% do total captado, sendo a agricultura um dos três principais usos consuntivos (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO, 2000) seguido do consumo humano (consumo doméstico) e industrial. Com a crescente demanda a previsão é que a demanda de água aumente 11% entre 2008 e 2011, o que para Christofidis (2013) é uma previsão subestimada da área visto que o aumento da demanda cresceu 20% no período 2003 e 2013.

O Brasil representa a nona maior área irrigada do mundo (FAO, 2012), entretanto existe um grande potencial de irrigação a ser explorado (FAO, 2015), até 2014 sua área irrigada correspondia a 6,1 milhões de hectares, de acordo com os censos IBGE e ANA a irrigação cresceu no país a taxas de 4,4% e 7,3% ao ano de 1960 a 2014 (ANA, 2014).

Para a manutenção do recurso natural e uso sustentável, há necessidade de maior eficiência da irrigação mundial a partir do emprego tecnologias eficientes como irrigação por pivô central e aspersão convencional, amparadas pelo dimensionamento e projeto de irrigação de manejo flexível em base nos valores de evapotranspiração da cultura e lâmina real necessária, bem como o acompanhamento do balanço de água no solo e aplicação de menores perdas e maior absorção ao sistema radicular das plantas, assim eficientes (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005). Segundo Rodrigues, Pruski e Silva (2003) no Brasil os sistemas operantes de irrigação possuem baixa eficiência, sendo comuns sistemas com eficiência de 50%.

Para a efetivação dessa redução, é necessário implementar medidas que visem a minimização das perdas de água na irrigação. Esse aumento de eficiência só é possível por meio de um manejo de irrigação bem conduzido, no entanto, o primeiro passo a ser executado é no tocante à realização de um projeto de irrigação bem executado (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Para Marion e Segatti (2005) o agricultor está se tornando um empresário administrador que se preocupa com a produtividade, a eficiência e o lucro de sua produção, porém necessita cada vez mais de tecnologia aplicada ao seu empreendimento para aperfeiçoar sua produção, dentro deste contexto a crescente expansão de sistemas computacionais no campo.

Neste cenário, a carência de ferramentas de software generalizadas e a necessidade de agilizar a tomada de decisão encapsulando as especificidades do dimensionamento da irrigação, vê-se a necessidade de criação de softwares que auxiliem no dimensionamento de sistemas de irrigação utilizando a ferramentas computacionais.

Desta forma o presente trabalho teve como foco principal melhorar a qualidade e eficiência do dimensionamento de equipamentos de irrigação, uma vez que o mercado carece de softwares que permitam tal realização.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração do equacionamento dos softwares de dimensionamento dos sistemas de irrigação são necessárias a utilização de informações relativas ao clima, ao solo, à topografia do terreno e à planta (COLOMBO, 2003; LOPES; LIMA; OLIVEIRA, 2008).

No caso específico dos softwares de manejo de irrigação é imprescindível a utilização de informações de evapotranspiração de referência e dos valores do coeficiente de cultivo das culturas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Os parâmetros hidráulicos considerados para o dimensionamento de pivô central consideram as equações descritas no Tabela 1.

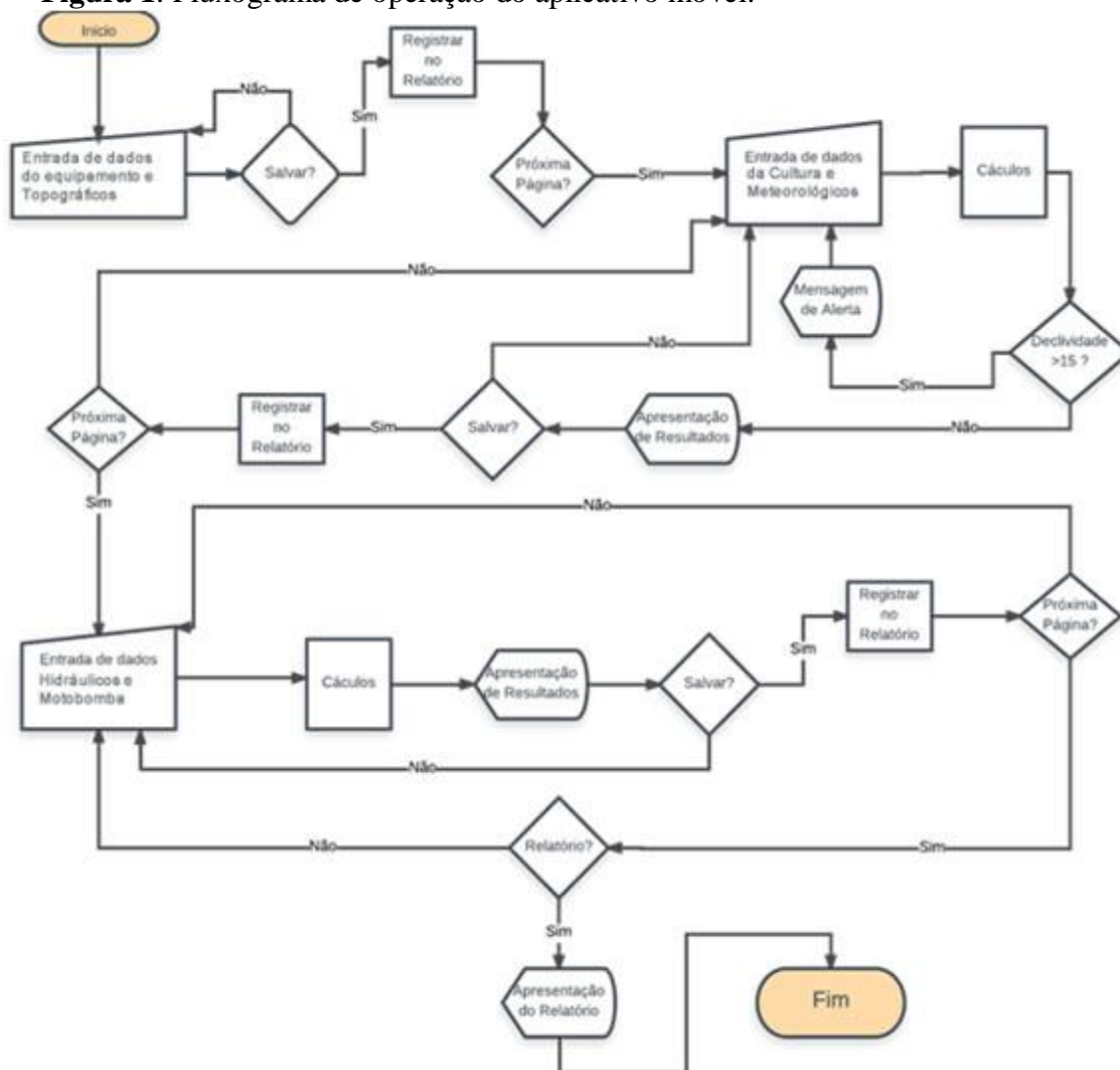
**Tabela 1.** Equações para dimensionamento hidráulico.

EQUAÇÃO	DESCRIÇÃO DE VARIÁVEIS
$Q_s = \frac{(10 \cdot A \cdot LB)}{T_d}$	<p>Q<sub>s</sub> = Vazão do sistema, m<sup>3</sup> /h;  A = Área irrigada pelo pivô central, ha;  LB = Irrigação bruta de irrigação diária, mm/dia;  T<sub>d</sub> = Tempo de operação diário, horas/dia.</p>
$T_{gmin} = \frac{2 \cdot \pi \cdot RUT}{VUT100}$	<p>T<sub>gmin</sub> = Tempo mínimo de giro do pivô com percentímetro a 100 %, h;  RUT = Raio última torre, m;  VUT100 = Velocidade de deslocamento da última torre a 100%,m/h.</p>
$H_f = \frac{10,647 \cdot Q^{1,85} \cdot R_p}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \cdot 0,54$	<p>D = Diâmetro da tubulação, m;  Q = Vazão do sistema de irrigação, m<sup>3</sup> /s;  C = Coeficiente de Hazen-Williams, adimensional (130);  R<sub>p</sub> = Raio do pivô central, m;  H<sub>f</sub> = Perda de carga total, m.</p>
$F_{(L1/Rp)} = \left[ \frac{L1}{Rp} - \frac{m}{3} \cdot \left(\frac{L1}{Rp}\right)^3 + \frac{m \cdot (m-1)}{3} \cdot \left(\frac{L1}{Rp}\right)^5 - \left(\frac{m-2}{42}\right)^3 \cdot \left(\frac{L1}{Rp}\right)^7 + \dots \right]$	<p>m = expoente da vazão na equação de perda de carga.  L1 = comprimento do trecho 1 da tubulação do pivô central, m  R<sub>p</sub> = raio do pivô central, m</p>
$H_m = (P_{pp} + H_{fs} + DNs + H_{fad} + DNad) \cdot 1,05$	<p>P<sub>pp</sub> = Pressão no ponto pivô, m;  H<sub>fs</sub> = perda de carga na sucção, m;  DN<sub>s</sub> = Diferença de nível na sucção, m;  H<sub>fad</sub> = Perda de carga na adutora, m;  DN = Diferença de nível na adutora, m;</p>

Para o equacionamento das rotinas dos softwares de dimensionamento de sistemas de irrigação os parâmetros hidráulicos obedecerão àqueles apresentados por Colombo (2003) e Bernardo, Soares e Mantovani (2006). As informações de saída serão: evapotranspiração de referência, evapotranspiração da cultura, lâmina bruta de irrigação, turno de rega, diâmetros das tubulações (sucção, adutora, linhas secundárias, terciárias e outras), velocidades da água nos diversos trechos da tubulação, perdas de carga em todos os trechos das tubulações, altura manométrica do sistema, vazão do sistema e potência requerida.

O fluxograma, Figura 1, mostra de forma otimizada o modelo de operação do aplicativo móvel ao cadastrar um novo projeto.

**Figura 1.** Fluxograma de operação do aplicativo móvel.



O desenvolvimento do software foi realizado em linguagem de programação WEB HTML5, JAVASCRIPT e CSS (W3C, 2017) do lado do cliente em associação de frameworks JAVASCRIPT IONIC e CORDOVA que permitem a compilação de aplicativos para múltiplo dispositivos Android, Blackberry, Ios, Ubuntu, Windows Phone, Widows 8.1 e OSX.

O desenvolvimento do lado do servidor utilizou o Software Development Kit (SDK) Microsoft Visual Studio 2017® em linguagem de programação C# (C Sharp).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo SMARTPIVO, sob registro de software nº BR512016001745-7 no INPI, compilado inicialmente para sistema operacional android e passível de compilação em mais 7 plataformas, iOS, Windows, Blackberry, ubuntu, firefoxOS, LGwebOS e FireOS, em função de utilizar tecnologia conhecida como híbrida através do framework CORDOVA.

O projeto de irrigação e suas dependências de dados possuem precisão de 15 dígitos, estes são armazenados e organizados internamente em banco de dados relacional (Date, 2003) local SQLITE e organizados por empreendimento, estes podem ser acessados pelo usuário a qualquer momento sem necessidade de conexão à internet.

O software foi desenvolvido com foco redução erros por parte do usuário a fim de manter a boa a consistência dos dados e a fácil interação, com emprego de boas práticas de usabilidade, o mantendo intuitivo, como descrito por Pressman (2011) e Sommerville (2011).

A tela inicial do aplicativo consta as opções de novo projeto e pesquisar projeto Figura 2a, seguindo o fluxo de novo projeto o usuário inicia a entrada de dados pela caracterização do empreendimento, Figura 2b, registra os dados em banco de dados e segue para dimensionamento do equipamento e dados topográficos Figura 2c.

**Figura 2.** Telas inicial do aplicativo (a), dados do Empreendimento (b) e parâmetros topográficos e equipamento (c).

(a) Home screen of the SMARTPIVO application. It features a teal background with a white logo of a pivot irrigation system. Below the logo, the text 'SMARTPIVO' is displayed. Two buttons are visible: 'Novo Projeto' (New Project) and 'Pesquisar Projeto' (Search Project).

(b) 'Empreendimento' (Project) form. The title is 'Empreendimento'. It contains several input fields: 'Empreendimento:' with a pencil icon, 'Responsável:' with a pencil icon, 'Município:' with a pencil icon, and 'Estado:' with a dropdown menu showing 'TO'. A blue 'Salvar' (Save) button is at the bottom.

(c) 'Dimensionamento d...' (Equipment Dimensioning) form. The title is 'Dimensionamento d...'. It contains several input fields with units: 'Comprimento do balanço:', 'Declividade', 'Velocidade de deslocamento a 100%', 'Área Irrigada: ha.', 'Comprimento Pivo: m.', 'Raio da última torre: metros.', and 'Tempo Mínimo: horas.'.

Após obter os valores calculados de área irrigada, comprimento do pivô, raio da última torre e tempo mínimo de operação (Figura 2c), o usuário entra com dados meteorológicos e da cultura para obter a lâmina bruta de irrigação, a evapotranspiração da cultura e intensidade de aplicação na Figura 3 (a e b).

**Figura 3.** Telas lâmina bruta (a), intensidade da aplicação (b) e perda de carga na tubulação do pivô (c).

(a) **Lâmina Bruta**

KC da Cultura:

Eficiência da irrigação:(Adimensional)

Tempo Diário: (Horas)

**Calcular Lâmina**

Resultado de ETO: mm.

Resultado de ETC: mm.

Lamina Bruta: mm/dia.

Vazão: m<sup>3</sup>/h.

(b) **Intensidade**

Lâmina Bruta (mm):

Tempo de giro do pivô (Horas):

Diâmetro Molhado (Metros):

Raio do Pivo (Metros):

Intensidade.: mm/h

(c) **Calcular Perda de Ca...**

Diâmetros 1  2

Diâmetro: (mm)

Comprimento do Trecho: (metros)

Fator f:

Coefficiente de perda:

Diferença de Nível 1º Trecho: (metros)

**Calcular**

A seguir o usuário entra com os dados hidráulicos para obtenção das perdas de carga na tubulação do pivô central, na adutora, na sucção e pressão na torre central, respectivamente Figuras 3c, 4a, 4b e 4c, além da altura manométrica (Figura 5a) até o dimensionamento do conjunto motobomba apresentado na Figura 5b.

**Figura 4.** Telas perda de carga na adutora (a), perda de carga na sucção (b) e pressão no ponto do pivô (c).

(a) **Perda de Carga Adut...**

Vazão (metros):

Comprimento Tubulação Adutora (metros):

Diâmetro Adutora (mm):

Coefficiente Hazel Willians:

(b) **Perda de Carga Sucç...**

Comprimento Tubulação Sucção:

Diâmetro Sucção:

Material da Tubulação:

Coefficiente Hazel Willians:

Velocidade de Escoamento Succao : m/s.

Perda de carga Sucção : mca.

(c) **Pressão Torre Cent...**

Pressão de Serviço (mca):

Altura do Emissor (metros):

Perda de Carga no Regulador de Pressão (...):

Diferença de nível entre o ponto do pivô e o ponto mais alto da área:

**Calcular**

Pressão Torre Central: 25.65 mca

Todos os dados inseridos até o dimensionamento do conjunto motobomba podem ser recuperados para consulta a qualquer momento pelo usuário através da opção relatório, Figura 5c.

**Figura 5.** Telas altura manométrica (a), seleção motobomba (b) e relatório (c).

(a) **Altura manométrica**

Diferença de Nivel na Sucção (metros):

Perda de Carga na Adutora (metros):

Diferença de nível na adutora (metros):

Pressão no Ponto do Pivo (metros):

Perda de carga diversas (metros):

Altura Manométrica : m.

(b) **Seleção Motobomba**

Marca da Bomba:

Modelo da Bomba:

Tipo da Bomba:

Diâmetro dos Rotores (mm):

Rotação da Bomba (RPM):

Eficiência da Bomba (%):

(c) **Relatório**

Dados do Empreendimento

Empreendimento:

Proprietário:

município:

estado:

Dados do dimensionamento

Nº de vãos iniciais.:

Comprimento do Vão Inicial.:

Nº de vãos intermediários.:

Comprimento Vão Intermediário.:

Os resultados encontrados pelo aplicativo foram comparados a planilhas comerciais dos principais fabricantes de equipamentos, bem como com as acadêmicas, e, apresentaram resultados idênticos, mostrando-se o software smartpivô eficiente e confiável.

## 6 CONCLUSÕES

Na comprovação da pesquisa através do conhecimento teórico adquirido na literatura através Bernardo, Soares e Mantovani (2006) e Colombo (2003) o software atende aos cálculos necessários para o dimensionamento de pivô central com precisão numérica adequada a sua aplicação e usabilidade em sua interface.

Espera-se que a centralização de ferramentas encontradas fragmentadas no mercado permita aumento da eficiência e agilidade do dimensionamento hidráulico de sistemas de irrigação por pivô central.

Por fim recomenda-se a análise para melhorias contínuas das funcionalidades do aplicativo, visto que não se pode considerar o produto da pesquisa, um produto final fechado pois o mesmo permite adaptações e manutenções de acordo com as exigências do usuário.

## 7 REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil**. ANA: BRASILIA – DF, 2014. 37 p.

BERNARDO, S; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625 p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIV EIRA, S. L.; Agricultura Irrigada: eficiência de irrigação e uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador/BA, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COLOMBO, A. **Pivô central**. IN: Miranda, J.H. de; Pires, R.C. de M. Irrigação. Piracicaba FUNEP, cap. 11 v.2, p. 209-258, 2003.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**. v. 22, n. 1, p. 115-127, set. 1997, 22 maio. 2013.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. Trad. Daniel Vieira. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2050: **A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência**. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Information System on Water and Agriculture - AQUASTAT**, 2012.

LOPES, J. D. S.; LIMA, F.Z.de; OLIVEIRA, F. G. **Irrigação por aspersão convencional**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. v. 1. 321p.

MARION, J.C.; SEGATTI, S. Gerenciando custos agropecuários. **Custos e agronegócios on line**, Recife, PE v. 1, n. 1, p2-8 Jan./jun. 2005. Disponível em: [http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v1/Gerenciando\\_custos.pdf](http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v1/Gerenciando_custos.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

PRESSMAN, R. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. Porto Alegre: AMGH, 7ed. 2011.

RODRIGUES, L. N; PRUSKI, F. F; SILVA, E. M. **Procedimento para estimativa da intensidade de precipitação máxima admissível em pivô central com base nas características do equipamento e do solo**. Planaltina, DF. Embrapa, 2003.

SOMMERVILLE, I. **Arquitetura orientada a serviços**, Engenharia de Software, edited by R. Trimer, 9ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2011, 529p.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I. CORDEIRO. **O Relatório Nacional sobre o gerenciamento de Água no Brasil SAMTAC**. Janeiro, 2000.

W3C Worldwide Web Consortium. **HTML & CSS**. 2016 Disponível em: <https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss>>. Acesso em: 06 jun. 2017.