



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERCITÁRIO DE ANANINDEUA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GABRIEL DO CARMO CARDOSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE AR COMPRIMIDO NO
BASIC4ANDROID**

Belém – PA

2019

GABRIEL DO CARMO CARDOSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE AR COMPRIMIDO NO
BASIC4ANDROID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará, como requisito
parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em
Ciência e Tecnologia ênfase e Mecânica, sob a
orientação do Prof. D.Sc. Luiz Claudio Fialho
Andrade.

Belém – PA

2019

GABRIEL DO CARMO CARDOSO

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE AR COMPRIMIDO NO
BASIC4ANDROID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará, como requisito
parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em
Ciência e Tecnologia ênfase e Mecânica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. D.Sc. Luiz Claudio Fialho Andrade. UFPA (Orientador)

Prof. D.Sc. Danielle Costa Carrara Couto - Coorientadora - Membro

Prof. M.Sc. Franciele Gomes Ferreira - Membro

Belém – PA

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por tudo, minha família, principalmente meu pai e mãe, que sempre me incentivaram e ajudaram, aos meus queridos colegas, amigos e professores, meu orientador Luiz Claudio Fialho e minha coorientadora Danielle Costa, que estiveram presentes nessa jornada.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo central desenvolver uma versão móvel para calcular diâmetros internos de tubulações de ar comprimido, para ser utilizado didaticamente na área da pneumática. A existência de uma versão móvel torna sua distribuição mais fácil e aumenta seu alcance. O App, intitulado DIPN (Dimensionamento Pneumático), também tem como objetivo trazer conhecimentos gerais sobre os métodos Fialho, Macintyre, Atlas Copco, Worthington e perda de carga por singularidade. O aplicativo foi desenvolvido utilizando a IDE B4A (*Basic4Android*) da desenvolvedora *Anywhere Software*. e foi elaborado uma modelagem, com a descrição de suas telas e funcionalidades. O modelo metodológico utilizado para desenvolvimento é o Scrum, afim de entregar um App de qualidade, seguindo as melhores práticas existentes. Além disso, foram realizados testes de funcionalidades do *software*. Os defeitos encontrados durante a realização dos testes foram corrigidos e melhorias de usabilidade foram realizadas, com o propósito de melhorar a experiência do usuário. O App mostrou-se uma ferramenta capaz de transmitir conhecimento, trazendo informações sobre tais métodos e facilidade nos cálculos e resultados finais, respondendo sua finalidade.

PALAVRAS-CHAVE: Pneumática, Ar comprimido, Basic4Android, Aplicativo móvel.

ABSTRACT

This work aimed to develop a mobile version for the calculation of internal diameters of compressed air tubes, for didactic use in the pneumatic area. The existence of a mobile version facilitates its distribution and increases its reach. The application, called DIPN (Pneumatic Dimensioning), also aims to bring general knowledge about the methods Fialho, Macintyre, Atlas Copco, Worthington and singularity pressure drop. The application was developed using IDE B4A (Basic4Android) from developer Anywhere Software. and a modeling was elaborated, with the description of its screens and functionalities. The methodological model used for development is Scrum, in order to provide a quality application, following existing best practices. In addition, software functionality tests were performed. Defects found during the test were fixed and usability improvements were made to improve the user experience. The application proved to be a tool capable of transmitting knowledge, bringing information about such methods and facilitating calculations and final results, responding to their purpose.

KEYWORDS: Compressed air, pneumatic, Basic4Android, mobile app.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificado as Pressões.....	16
Figura 2 - Ar sendo injetado num recipiente com válvula de retenção.....	18
Figura 3 - Geração, tratamento e distribuição de ar comprimido.....	19
Figura 4 - Rede de distribuição aberta.....	21
Figura 5 - Rede de distribuição fechada.....	22
Figura 6 - Rede de distribuição combinada.....	22
Figura 7 - Instalação a linha de alimentação.....	23
Figura 8 - Rede, Circuito aberto.....	23
Figura 9 - Rede, Circuito fechado.....	24
Figura 10 - Gráfico comparativo sistemas operacionais móveis.....	33
Figura 11 - Fases do Scrum.....	36
Figura 12 - Modelo Prototipagem.....	36
Figura 13 - Fluxograma parte 1 da navegação do App.....	37
Figura 14 - Fluxograma parte 2 da navegação do App.....	38
Figura 15 - Fluxograma da página Perda carga por singularidade.....	38
Figura 16 - Programa B4A.....	39
Figura 17 - Aba Designer, B4A.....	41
Figura 18 - Desenvolvimento da Barra de Menu, B4A-VD.....	44
Figura 19 - Seção de Vídeos, B4A-VD.....	44
Figura 20 - Seção principal da tela inicial, cálculo do diâmetro, B4A-VD.....	45
Figura 21 - Layout da página Ajuda Fialho, B4A-VD.....	46
Figura 22 - Layout da página de equação de Atlas Copco, B4A-VD.....	47
Figura 23 - Layout da página 1, 2, 3 e 4 da Tabela de Singularidade, B4A-VD.....	48
Figura 24 - Layout da Página Sobre, B4A-VD.....	49
Figura 25 - Layout da área superior da página Perda de Carga Por Sing. B4A-VD.....	50
Figura 26 - Layout da área inferior da página Perda de Carga Por Sing. B4A-VD.....	50
Figura 27 - Layout da página de ajuda da seção de perdas de cargas, B4A-VD.....	50
Figura 28 - Tela inicial DIPN, celular Moto G6.....	51
Figura 29 - Tela da página ajuda Fialho e tela da página ajuda Macintyre, Moto G6.....	52
Figura 30 - Tela da Equação Atlas Copco e ajuda Atlas, Moto G6.....	53
Figura 31 - Tela da Equação Worthington e ajuda Worthington, Moto G6.....	53

Figura 32 - Tela da Tabela de Singularidade Página 1, Moto G6.....	54
Figura 33 - Tela da Tabela de Singularidade Página 2, Moto G6.....	55
Figura 34 - Tela da página 3 da Tabela de singularidade, Moto G6.....	56
Figura 35 - Tela da página 4 da Tabela de singularidade, Moto G6.....	57
Figura 36 - Tela Sobre e tela de Perda de Carga Por Singularidade, Moto G6.....	58
Figura 37 - Tela da de Ajuda da página de perdas de cargas, Moto G6.....	58
Figura 38 - Inserindo as variáveis (Esquerda) e resultado (Direita), Moto G6.....	60
Figura 39 - Inserção das variáveis (Esquerda) e o resultado (Direita), Moto G6.....	61
Figura 40 - Inserindo o novo Comprimento (esq.) e Resultado (Dir.), Moto G6.....	62
Figura 41 - Inserindo as variáveis (esq.) e o Resultado (Dir.), Moto G6.....	64
Figura 42 - Satisfação com o Aplicativo.....	65
Figura 43 - Utilidade dos Cálculos.....	65
Figura 44 - Características do Aplicativo.....	66
Figura 45 - Relevância das Sessões do App.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do exemplo (Fialho).....	27
Tabela 2 - Perdas de cargas por singularidade do exemplo.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento de usuários de dispositivos móveis mundial.....	32
Gráfico 2 - Ranking de sistemas operacionais de 2016.....	33

LISTA DE SÍMBOLOS

N	Newton
Pa	Pascal
atm	Atmosfera
ΔP	Variação de pressão
f	Coefficiente de perda de carga
ρ	Densidade (Rô)
v	Velocidade
L	Comprimento
D	Diâmetro
ε	Rugosidade (Épsilon)
Q	Vazão
Lt	Comprimento total do ramal
L1	Comprimento real
L2	Comprimento equivalente
P	Pressão
Hf	Perda de pressão manométrica
L	Comprimento do encanamento
δ	Peso específico do ar comprimido (Delta)
α	coeficiente variável com o diâmetro (Alfa)
R	Relação de compressão para a pressão de trabalho

LISTA DE ABREVEATURAS SIGLAS

APP -	Aplicativo
DIPN -	Dimensionamento Pneumático
IDE -	<i>Integrated Development Environment</i>
ABNT -	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
ASTM -	<i>American Society for Testing and Materials</i>
API -	<i>Application Programming Interface</i>
IOS -	<i>iPhone operating system</i>
BASIC -	<i>Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code</i>
B4A -	<i>Basic4Android</i>
JVM -	<i>Java Virtual Machine</i>
APK -	<i>Android Package</i>
EXE -	<i>Executable</i>
XML -	<i>eXtensible Markup Language</i>
JDK -	<i>Java Development Kit</i>
JRE -	<i>Java Runtime Environment</i>
SDK -	<i>Software development kit</i>
NDK -	<i>Native Development Kit</i>
CLR -	<i>Common Language Runtime</i>
BCL -	<i>Base Class Library</i>
LINQ -	<i>Language Integrated Query</i>
RAM -	<i>Random Access Memory</i>

SUMARIO

INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVO.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
JUSTIFICATIVA.....	14
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.1. AR COMPRIMIDO.....	15
1.2. PRESSÃO.....	15
1.3. CARACTERÍSTICA DO AR.....	17
1.4. GÁS IDEAL.....	18
1.5. DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO.....	18
1.5.1. Redes de Distribuição.....	21
1.5.2. Tipo de tubo.....	25
1.5.3. Método dos Equacionamentos.....	25
1.5.3.1. Método Fialho.....	25
1.5.3.1.1. Exemplo teórico método Fialho.....	27
1.5.3.2. Método Macintyre.....	28
1.5.3.2.1. Exemplo teórico método Macintyre.....	30
1.6. DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	31
1.7. SISTEMA OPERACIONAL.....	32
1.7.1. Android.....	34
1.7.2. iOS.....	35
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
2.1 MÉTODOLOGIA.....	35
2.1.1. Método de desenvolvimento do aplicativo.....	35
2.1.2. Modelagem do App.....	37
2.2. HARDWARE E SOFTWARE UTILIZADOS.....	39
2.2.1. Softwares Necessários.....	39
2.2.2. Hardware utilizado.....	43
2.3. DESIGNE DE INTERFACE INTERATIVA.....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
3.1. FUNCIONALIDADE.....	59
3.1.1. Exemplo com o Método Fialho.....	59
3.1.2. Exemplo com o Método Macintyre.....	62
3.2. TESTE.....	64
4. CONCLUSÃO.....	67
4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	68
REFERÊNCIA.....	69
ANEXO.....	72

INTRODUÇÃO

O ar comprimido é um fluido essencial que hoje está presente em muitos setores da indústria como por exemplo: alimentício, metalomecânico, moveleiro, entre outros. O ar comprimido é uma importante forma de energia, sendo o resultado da compressão do ar ambiente, que é composto por oxigênio, nitrogênio e gases raros.

Comparativamente à hidráulica, a pneumática é sem dúvida o elemento mais simples, de maior rendimento e de menor custo que pode ser utilizado na solução de muitos problemas de automatização. Fato este devido a uma série de características próprias de seu fluido de aplicação que no caso é o ar (FIALHO, 2004).

Apesar de já ser muito utilizado em séculos passados, a compressão do ar veio a ser utilizada na indústria por volta do século XIX (PARKER, 2006), igualmente, no mesmo século estava sendo criada uma das primeiras máquinas capaz de calcular funções de diversas naturezas (trigonometria, logaritmos) de forma muito simples. Esse projeto possuía o nome de Máquina de Diferenças. Posteriormente, foram construídas máquinas cada vez menores e mais “inteligentes” até chegar na involução do tamanho que cabe na palma da mão.

Hoje, porém, uma grande parcela da população usa um *smartphone* pequenos e fáceis de carregar para qualquer lugar, onde existe mais poder do que alguns dos computadores dos anos passados. Uma grande parte deste potencial se deve aos aplicativos (doravante abreviados como Apps - App no singular). Ou, em outras palavras, programas de computador. Um dos pontos-chave que torna um *smartphone* inteligente é a possibilidade de incluir software extra para aumentar sua potencialidade. Várias empresas surgem dessa e para essa inovação, jogos e aplicativos cada vez mais satisfatórios para cada utilidade, fazendo assim, patrimônios exorbitantes para uma indústria cada vez mais competitiva, em contra partida, existem jogos e aplicativos para fins didáticos, facilitando, assim, muitos discentes e docentes. Embora, no passado fosse difícil criar um App, Hoje em dia, há algumas simplicidades durante o desenvolvimento e a facilitação para o compartilhamento de aplicativos móveis, ainda mais quando fala-se do Android da gigante *Google*, que até então, tem a maior distribuidora de jogos e aplicativos, a *Play Store*.

Este trabalho apresentará um facilitador para realizar cálculos para dimensionar tubulações para sistemas de ar comprimido, usando duas metodologias (Fialho e Macintyre) e o desenvolvimento, através da IDE *Basic4Android*, e testes do aplicativo.

É essencial que os alunos na área de engenharia em sua graduação se familiarize com metodologias de pesquisas, desenvolvimento experimental, com os ambientes onde se intercambiam novos conhecimentos e novas tecnologias auxiliando na sua formação como métodos didáticos de aprendizagem por meios eletrônicos complementares de informação e educação, manuseados individualmente pelo aluno na busca de conhecimentos (IEL/SENAI, 2006).

OBJETIVO

Desenvolver um aplicativo móvel para calcular diâmetros de tubulações de ar comprimido auxiliando o cálculo de ramais, baseado em duas metodologias Fialho e Macintyre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Facilitar o dimensionamento de tubulações e ramais;
- Pesquisar técnicas para modelagem de aplicativos móveis científicos;
- Investigar métodos e ferramentas para construção de interfaces interativas;
- Implementar um App móvel e realizar testes de funcionalidade.

JUSTIFICATIVA

Em um mundo acadêmico, tudo o que for para um melhor desempenho na aprendizagem e na evolução de técnicas científicas, é de suma importância e relevância. Todavia, esse trabalho abrange uma área da mecânica chamada de pneumática, onde para Hasebrink (1990) existem várias aplicações da pneumática no meio industrial e mesmo na nossa vida diária, onde segundo Fialho (2011) em uma rede de ar comprimido requer determinados cuidados que vão desde de a localização da central geradora (compressores), dimensionamento da rede, sistemas de montagem e fixação da rede. Contudo, o aplicativo desenvolvido irá além de facilitar nos cálculos de tubulações, também agrega o cuidado no dimensionamento de redes de ar comprimido, contribuindo em um bom desempenho da rede na indústria ou em meio científico.

1. REVISÃO DE LITERATURA

O ar comprimido ajuda a humanidade quando se trata de resolver ou facilitar diversas complexidades nas industriais, como as linhas de produção onde há separação de peças pequenas, em oficinas mecânicas usado em elevadores pneumáticos, e até mesmo no comércio. Sendo capaz de auxiliar indústrias de produtos primários, produções de metais e peças metálicas, até na fabricação de produtos pesados e tecnológicos, como automóveis e aeronaves. O ar comprimido também é encontrado em indústrias leves, assim como em fábricas de produtos de consumo, como, alimentícia e bebidas.

1.1. AR COMPRIMIDO

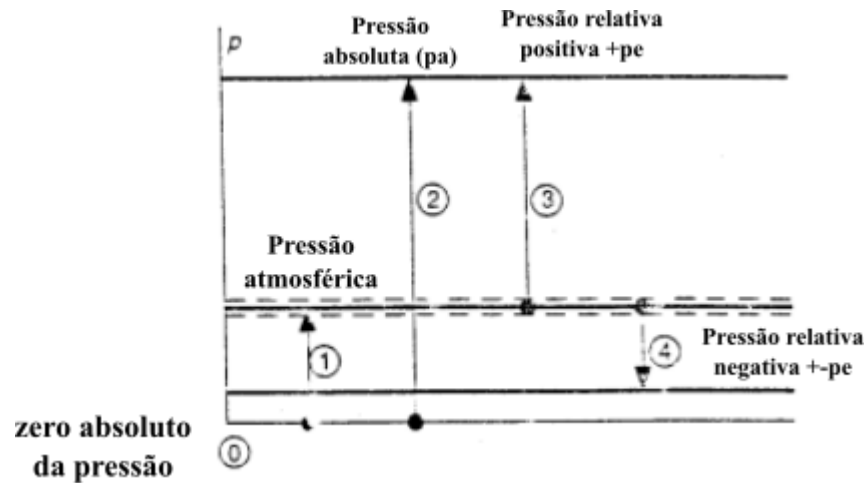
Quando se comprime o ar ambiente tem-se o que se chama de Ar comprimido, onde o ar ambiente é composto por uma mistura de oxigênio (20,5%), nitrogênio (79%) e alguns gases raros com os outros (0.5%). Em meados do ano de 2010, cerca de 5 bilhões de toneladas de ar são comprimidas em todo mundo anualmente, produzindo um consumo de 400 bilhões de kWh, com um custo de 20 bilhões de dólares (METALPLAN, 2010). O que ilustra a sua grande relevância na indústria mundial.

Segundo Fialho (2011), o termo pneumático é derivado da palavra grega *pneuma*, ao qual se refere ao vento, fôlego ou sopro. A pneumática é o ramo da ciência que estuda os movimentos e fenômenos dos gases. Para Parker Training (2006) a pneumática é a parte da física que abrange a dinâmica e os fenômenos físicos relacionadas aos gases ou vácuos.

1.2. PRESSÃO

Matematicamente a pressão é definida como a razão entre uma força e uma determinada área. Os gases são formados por moléculas em agitação (movimento) que produzem forças de pressão no recipiente em que o gás está contido. Indicações de pressão podem ter como referência o ponto zero absoluto (vácuo) ou a pressão atmosférica Figura (1). Por isso fala-se em pressão absoluta e pressão relativa. A pressão atmosférica é produzida pela camada de ar que envolve a terra e depende da densidade e da altitude, logo esta não tem um valor persistente (HASEBRINK, 1990). A unidade usada em S.I. é dada em N/m^2 ou Pa (pascal), com unidades como (atm, bar, kgf/mm^2 , Psi e etc) também sendo de uso comum.

Figura 1 – Exemplificando as Pressões.



Fonte: Autor (Com base em EMÍLIO, 2002).

1.2.1. Pressão de regime

Para Fialho (2004) quando o Ar se encontra armazenado em um reservatório com 7 a 12Kgf/Cm² pode-se dizer que há pressão. Porém, vale resaltar que é econômico para a indústria a pressão de trabalho de 6Kgf/Cm².

1.2.2. Perda de carga

Roma (2006) sustenta que as paredes das tubulações influenciam no escoamento interno, dissipando energia devido a razão do atrito viscoso das partículas fluidas. As partículas em contato com a parede adquirem a velocidade da parede e passam a influir nas partículas vizinhas por meio da viscosidade, dissipando energia. Tal dissipação de energia causa redução de pressão total do fluido ao decorrer do escoamento, denominada perda de carga. Perda de carga é a energia perdida pela unidade de peso do fluido quando este escoar. Existem a perda de carga distribuída, onde a parede dos dutos retilíneos conduz a uma perda de pressão distribuída ao longo do comprimento do tubo, fazendo com que a pressão total diminua gradativamente ao longo do comprimento e a perda de carga localizada que causa perda de carga pelos acessórios de canalização, isto é, as diversas peças necessárias para montagem da tubulação e para o equilíbrio do fluxo do escoamento, as quais provocam variação brusca da velocidade, em módulo e direção, intensificando a perda de energia nos pontos onde encontram-se localizados.

Ainda segundo Roma (2006), as fórmulas para cálculos de perda de carga que são recomendadas pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) é a Fórmula Universal ou de *Darcy-Weisbach*.

$$\Delta P = f \frac{1}{2} \rho v^2 \frac{L}{D} \quad f = f\left(Re, \frac{\varepsilon}{D}\right) \quad (1.2.1)$$

Onde:

ΔP = Variação de pressão (kgf/cm²).

f = Coeficiente de perda de carga.

ρ = Densidade (g/cm³).

v = Velocidade (m³/h).

L = comprimento (m).

D = diâmetro (mm).

ε = Rugosidade (μm).

1.3. CARACTERÍSTICA DO AR

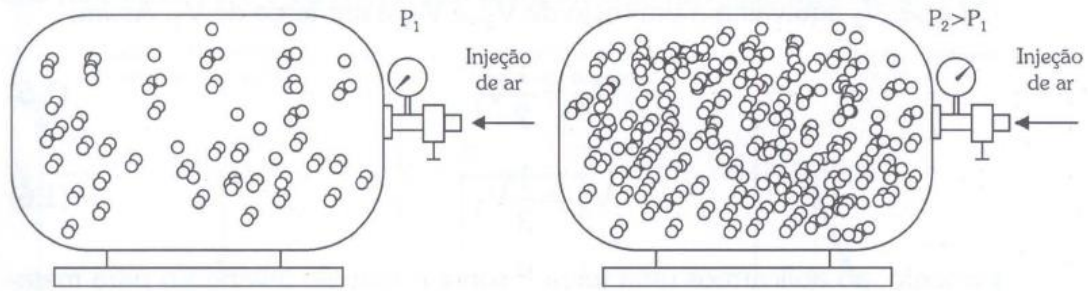
Para que se possa dimensionar uma rede de ar comprimido é preciso, antes, entender quais as características deste gás para prever seu comportamento.

Segundo Fialho (2004), a pneumática tem suas vantagens na aplicação como meio de automação, onde podem ser seguidas por três características físicas que condizem com a pneumática a categoria de meio de automatização de baixo custo, limpo e demasiadamente satisfatório, são elas:

Expansibilidade: O ar, bem como entre os gases, não tem forma determinada ao qual lhe permite adquirir a forma do recipiente que o contém se expandindo por completo, mudando-a ao menor esforço.

Compressibilidade (Isoterma): O ar se avoluma apoderando-se literalmente ao ambiente a qual ele irá se estender. Assim, pode-se constatar que por meios mecânicos há possibilidades de levá-lo à condição oposta, ou melhor, comprimi-lo. por consequência, se tivermos um recipiente o qual possa ser perfeitamente fechado, e se considerar um mecanismo que impeça que o ar saia (válvula de retenção), podendo reter o ar neste recipiente, em quantidade a qual se deseje, o limite de proteção e segurança (resistência mecânica do compartimento). Quanto mais fluido for congestionado no recipiente, mais a pressão interna aumentará.

Figura 2 - Ar sendo injetado num recipiente com válvula de retenção.



Fonte: Fialho, 2004.

Esta propriedade física relacionada ao ar atmosférico, talvez seja para a pneumática a mais significativa, pelo fato de que é por meio da compressão do ar atmosférico que é produzida a energia pneumática, ao qual em seguida é mudada em transmissão de força ou trabalho pelos atuadores (FARIA, 2007).

Elasticidade: É a característica que se dá ao ar de retornar a seu volume inicial, uma vez suspenso o esforço ao qual havia comprimido.

1.4. GÁS IDEAL

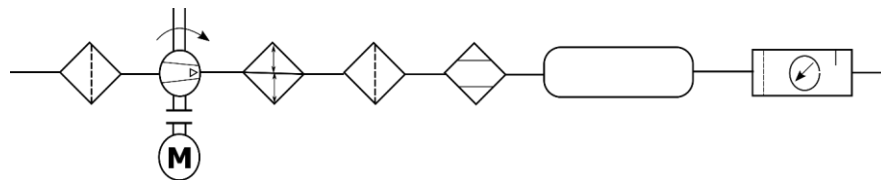
Segundo Van Wylen (2009), em características gerais dos gases, dispõem-se que eles ocupam a maioria do volume disponível no meio em que se encontram e produzem forças devido à pressão exercida pelas moléculas em persistente movimento. Em uma mistura de diversos gases, cada gás comporta-se como se os demais não existissem e a pressão total será dada pela soma de todas as pressões de cada gás (pressão parcial). Como o vapor é produzido pela evaporação de líquidos, dependendo da temperatura, terá que haver evaporação até a pressão máxima de vapor (função da temperatura), sendo em tal caso, vapor saturado. Os gases estudados podem ser entendidos como vapores superaquecidos, levando em consideração as leis físicas dos gases, o mesmo não se aplicando ao vapor saturado. Na pneumática os termos gases reais e ideais são continuamente empregados sendo o gás real aquele vapor superaquecido que se condensa a determinada temperatura, já o gás ideal não se condensa no resfriamento até o zero absoluto, sendo então um estado ideal, facilitando o modelo e equacionamento teórico de seu comportamento, não ocorrendo na prática.

1.5. DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO

Uma rede de ar comprimido corretamente dimensionada garante uma menor perda de carga

(queda de pressão) entre a geração e o consumo, resultando num suprimento de ar compatível aos usuários, muito adiante de uma significativa economia de energia. Sempre que possível, as extremidades da rede de ar, devem ser interligadas entre si, a fim de ajudar a equalizar as pressões. Desta forma, o circuito em anel fechado é um *layout* de rede adequado e consideravelmente comum. Mesmo que o ar comprimido seja tratado, convém construir a rede com uma pequena inclinação no sentido do fluxo de ar e instalar algumas válvulas nos pontos inferiores da mesma, visando captar o condensado formado durante eventuais paradas dos dispositivos de tratamento (METALPLAN, 2017). Com relação aos materiais da tubulação, deve ser dada a preferência àqueles resistentes à oxidação, como aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre e plásticos de engenharia. Conexões de raio longo devem ser utilizadas para minimizar a perda de carga. Contudo, para se conseguir usufruir dos benefícios e vantagens de um sistema de ar comprimido é crucial um bom planejamento dele, sendo primordial a seleção cuidadosa dos equipamentos, elaboração do *layout* e dimensionamento do sistema de distribuição, instalação e manutenção correta dos equipamentos. A figura (3) apresenta um esquema de geração, tratamento e distribuição de ar comprimido, segundo Silva (2002).

Figura 3 - Geração, tratamento e distribuição de ar comprimido.



Fonte: Autor (Com base em: SILVA, 2002).

Coradi (2011) destaca que utilizar um compressor próprio para cada máquina pneumática é viável, apenas em casos isolados. Em lugares com muitos pontos de uso, a distribuição do ar comprimido é feita pelas tomadas próximas aos utilizadores. Normalmente a rede de distribuição do ar comprimido é composta por tubulações que ligam o reservatório aos pontos de aplicação para uma mais satisfatória eficiência na distribuição do ar comprimido é relevante definir um *layout* que apresente a rede de distribuição principal, as ramificações e os pontos de consumo. Assim, fica mais fácil definir o tipo de rede de distribuição a ser implantada, com o menor percurso possível, a fim de diminuir a perda de carga e os custos.

O posicionamento dos equipamentos e tomadas que receberão alimentação pneumática terá que estar definido, para que seja viável a confecção dos projetos e desenhos. Estes trarão

consigo comprimento das tubulações, diâmetros, ramificações, pontos de consumo, pressão destes pontos, posições das válvulas, curvaturas etc. Através dos projetos, pode-se assim definir o melhor percurso da tubulação, acarretando menor perda de carga e proporcionando economia.

Entretanto, para Macintyre (2011), o traçado ou *layout* obedece a uma sistemática, que em geral conste em:

- Em planta, marcar os pontos onde será utilizado o ar comprimido, indicando o consumo, a pressão esperada a natureza do. Se há possibilidades de fazer uma previsão de pontos para futuras ampliações, fazê-la.
- Escolher o mais satisfatório ambiente para instalação dos compressores. O melhor seria que pudesse estar no "centro geométrico" dos consumos, de maneira a economizar tubulações. Isto, entretanto, raramente se consegue, pois há exigências quanto a ruído, espaço disponível, proximidade de alimentação de energia elétrica para acionamento dos motores, tomada de ar exterior e ventilação.
- Projetar em planta o alimentador partindo do ambiente de compressores e derivando ramais e sub-ramais para os pontos já marcados. A experiência em projetar reduz as tentativas para encontrar a solução do layout mais funcional e econômico. Mesmo que em certas ocasiões, se utilize o alimentador em anel, isto é, em circuito fechado, a linha em circuito aberto é quase sempre preferida.
- Estabelecer em planta a posição das válvulas de bloqueio dos ramais e dos pontos de onde poderão, em ampliação futura da rede, derivar ramificações.
- Esboçar um esquema isométrico da rede partindo do ambiente dos compressores. No esquema, serão marcadas as válvulas de bloqueio e equilíbrio, separadores do condensado, purgadores, filtros, válvulas de redução de pressão, lubrificadores, drenos, manômetros, termômetros, visores etc.
- Calcular os diâmetros dos vários trechos da rede em função da vazão de ar e da perda de carga e da velocidade de fuga admissíveis.
- Determinar no layout e no desenho isométrico os diâmetros e sentido da declividade das tubulações.

Enquanto para Rollins (2004), algumas considerações importantes devem ser levadas em consideração quando se projeta um sistema de ar comprimido, dentre elas:

- Estabelecer a capacidade necessária do compressor;
- Selecionar o número de compressores;
- Localização dos compressores;

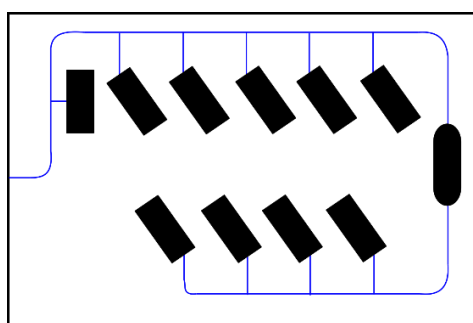
- Determinação do uso de compressores do tipo *pack* ou componentes individuais;
- Estabelecimento do sistema de regulação mais adequado para o uso;
- Seleção do compressor: tipo e fornecedor;
- Checagem da necessidade de sistemas automáticos de alarme e desligamento;
- Checagem dos sistemas de distribuição de ar comprimido;
- Checagem da localização e capacidade de armazenamento do ar;
- Estabelecimento do layout da tubulação de admissão e descarga;
- Checagem das necessidades do resfriador posterior e do separador de condensado e suas capacidades.

1.5.1. Redes de Distribuição

As tubulações pneumáticas têm de ser inseridas em ambiente adequados para facilitar a realização de manutenções periódicas, auxiliando a detecção de fugas de ar. Pequenos vazamentos poderão parecer insignificantes, entretanto provocam expressivas perdas de pressão. Existem três tipos principais de redes de distribuição: Rede em circuito aberto, rede em circuito fechado e rede combinada (JESUS, 2012).

Rede de distribuição em anel aberto assim chamada por não haver uma conexão na rede. Esse modelo facilita a separação do condensado, pois ela é montada com determinada inclinação, na direção do fluxo, permitindo o escoamento para um ponto de drenagem.

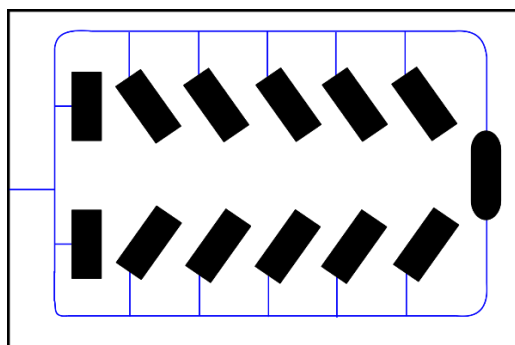
Figura 4 – Rede de distribuição aberta.



Fonte: Autor (Com base em Fialho 2004).

Na rede de distribuição em anel fechado normalmente as tubulações principais são montadas em circuito fechado. Este modelo ajuda na manutenção de uma pressão contínua proporcionando uma distribuição mais uniforme do ar, pois o fluxo circula em duas direções.

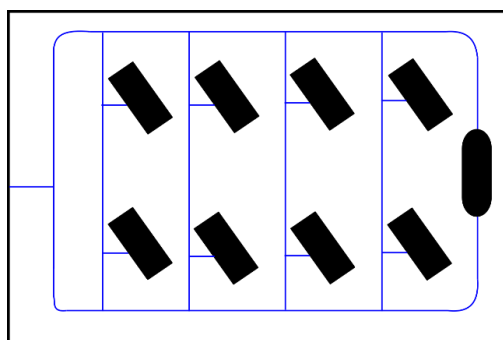
Figura 5 – Rede de distribuição fechada.



Fonte: Autor (Com base em Fialho 2004).

Porém, na rede de distribuição combinada, da mesma forma, é uma instalação em circuito fechado, a qual, por suas ligações longitudinais e transversais, oferece a possibilidade de trabalhar com ar em qualquer lugar. Por intermédio de válvulas de fechamento existe a possibilidade de fechar determinadas linhas de ar comprimido quando elas não forem usadas ou quando for necessário pô-las fora de serviço por razões de reparação e manutenção. Também pode ser produzido um controle de estanqueidade.

Figura 6 – Rede de distribuição combinada.



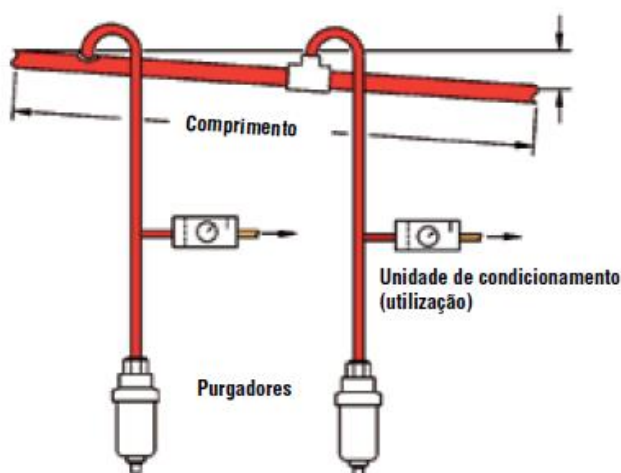
Fonte: Autor (Com base em Fialho 2004).

Como faz notar Fialho (2011), a linha de alimentação de cada máquina tem que estar localizada na parte superior da linha de distribuição, segundo apresentado na figura (6). Tal procedimento é recomendado para evitar que o condensado presente na linha de distribuição seja levado para a linha de alimentação.

A rede combinada é descrita, também, por Silva (2002) como sendo da mesma forma que um sistema em circuito fechado. A diferença é que existe válvulas de fechamento que provocam o bloqueio de determinadas linhas de ar comprimido, quando estas estiverem em manutenção ou não forem usadas.

A partir da figura (7), indica que as tubulações, em especial nas redes em circuito aberto, têm de ser montadas com um declive de 0,5% a 2%, na direção do fluxo. Com relação as tomadas de ar, devem ser sempre feitas pela parte superior da tubulação principal, para evitar os problemas de condensado já expostos. Aconselha-se mesmo que não se realize a utilização direta do ar no ponto terminal do tubo de tomada. No terminal, é recomendado colocar uma pequena válvula de drenagem e a utilização deve ser exercida um pouco mais acima, onde o ar, antes de ir para a máquina, segue através da unidade de condicionamento (PARKER, 2006).

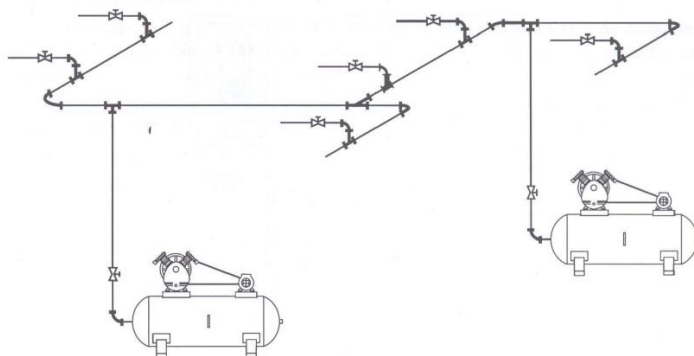
Figura 7 - Instalação a linha de alimentação.



Fonte: Parker Training, 2006.

Fialho (2004) exalta que primeiramente é crucial estabelecer por quais pontos da área de trabalho da empresa terá que instalar a rede. Se por todos, ou se somente por alguns setores, e quantos pontos de alimentação precisarão existir. Em seguida define-se entre uma rede de circuito aberto figura (8), ou uma rede de circuito fechado figura (9).

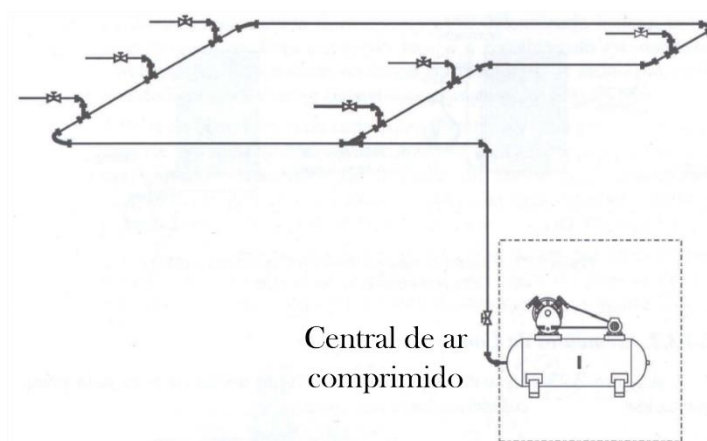
Figura 8 – Rede, Circuito aberto.



Fonte: Fialho, 2004.

A rede de circuito aberto, segundo mostrada na figura (8), é indicada normalmente quando se deseja abastecer pontos isolados ou distantes. Nesse modelo de rede, o ar flui numa única direção, impossibilitando, com esse motivo, uma alimentação uniforme em todos os pontos destacados.

Figura 9 – Rede, Circuito fechado.



Fonte: Fialho, 2004.

Porém o sistema de rede de circuito fechado apresentado na figura (9) é o mais comumente utilizado pela grande parte das indústrias, uma vez que, se distribui por toda a extensão da fábrica, facilitando a instalação de novos pontos de consumo ainda não previstos, bem como possibilita que todos os pontos sejam alimentados de modo uniforme, uma vez que o ar flui nos dois sentidos.

Segundo Coradi (2011) é de suma importância que exista válvulas de fechamento na rede de distribuição de ar comprimido, em especial para redes maiores, para proporcionar que ela possa ser dividida em seções, ficando assim isoladas, propiciando sua vistoria e manutenção. Dessa forma evita-se que as demais seções sejam atingidas, paralisando a produção da instalação.

Com relação às tubulações secundárias, a seleção dos tubos que irão compor a instalação secundária e os materiais de que serão confeccionados são motivos fundamentais bem como o modelo de ferramenta ou conexão a ser utilizado. Devem-se ter materiais de elevada resistência, durabilidade etc. O processo de tubulação secundária sofreu um crescimento evidente rápida. O tubo de cobre, até bem pouco tempo era um dos mais usados. Nos dias atuais ele é utilizado em instalações mais específicas, montagens rígidas e ambiente em que a temperatura e a pressão são elevadas. Hoje são usados tubos sintéticos, os quais proporcionam boa resistência mecânica,

apresentando uma elevada força de ruptura e grande flexibilidade. São usados tubos de polietileno, poliuretano e tubos *nylon* (PARKER, 2006).

1.5.2. Tipo de Tubo

Recomenda-se o emprego de tubos de aço *Mannesmann*, sem costura, pretos, Schedule 40(40S); especificação ASTM-A-53, apropriados para solda. Pressão de ensaio de acordo com ASTM para Grade A-53. Diâmetros e espessuras de acordo com a ANSI-B-36.10 (MACINTYRE 2011).

- **1° Caso:** Tubulações de baixa pressão, isto é, até 7 kgf/cm². Até 4" de diâmetro: aço-carbono galvanizado com ligações rosqueadas (ASTM A-120) Até 2" de diâmetro ou maiores: aço-carbono (ASTM A-12Q ou A-134), com sobre espessura de 1,2 mm. Ligações de solda de topo.
- **2° Caso:** Tubulações de alta pressão, acima de 7 kgf/cm². Material: aço-carbono (ASTM A-53 ou API-5L) com sobre espessura de 1,2 mm de margem para corrosão. Ligações de tubos: até 2", solda de encaixe; acima de 2", solda de topo.

Do mesmo modo, Fialho (2004) ressalta que a linha principal (no caso o tronco), tubulação secundária e linha de alimentação, poderão ser produzidas em tubo de aço galvanizado ou preto (ASTM A 120 SCHEDULE 40).

1.5.3. Método dos Equacionamentos

A metodologia, nesse trabalho, se divide em duas sessões, uma explica sobre os dois métodos usados para o equacionamento do dimensionamento de sistema de ar comprimido (o diâmetro interno dos tubos), onde a base fundamental são os equacionamentos dos livros Fialho (2004) e Macintyre (2011), e a outra ressalta o método do desenvolvimento do aplicativo na IDE *Android4Android*, citada na seção 2.2.1.1.

1.5.3.1. Método Fialho

Segundo Fialho (2004) quando se for dimensionar o diâmetro mínimo necessário para linha principal, é preciso atender à pressão e vazão necessárias aos diversos pontos de alimentação onde se distribuirão por dentro da fábrica ou onde irá se utilizar o sistema de ar comprimido, é crucial já estimar um plausível aumento de demanda ao decorrer dos anos. Para esse dimensionamento, é recomendado considerar uma queda de pressão de 0,3 a 0,5kgf/cm² do reservatório (adotar 0,5 a partir de 500m) até o consumidor. A partir disso, o dimensionamento

da linha tronco, tem de ser considerados os seguintes itens:

- Volume de ar corrente (vazão);
- Comprimento total da linha tronco;
- Queda de pressão admissível;
- Número de pontos de estrangulamento;
- Pressão de regime.

Fialho (2004) destaca que o diâmetro mínimo da tubulação principal de ar comprimido, pode ser obtido pela Equação (1.1). O diâmetro (d) das linhas de alimentação da mesma forma podem ser encontrados aplicando a mesma equação. Entretanto para isso, é recomendado ajustar os valores das variáveis vazão e comprimento total, resultando em um diâmetro em milímetros (mm).

$$d = 10 \left[\sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,85} \cdot Lt}{\Delta P \cdot P}} \right] \quad (1.1)$$

Sendo que a vazão é a quantidade em m^3 de ar por hora que será consumida da rede, pelos automatismos, para um funcionamento geral, isso sendo suposto que todos os pontos de consumo estejam em funcionamento ao mesmo tempo. Em um dimensionamento seguro e possibilitando uma futura ampliação dos pontos de consumo, é necessário somar com esse volume o percentual estimado para uma futura ampliação do sistema, onde é representada pela letra “ Q ”, e sua unidade em m^3/h .

Para o comprimento total da linha de tronco (Lt), entende-se como a soma do comprimento linear da tubulação da linha tronco com o comprimento equivalente criando dos pontos de estrangulamento, com sua unidade em metros (m).

Compreende-se como queda de pressão admitida de um fluido (ΔP), quando o fluido percorre através de uma tubulação e sofre uma pequena redução ao decorrer do comprimento, em função dos atritos que há dentro da tubulação e dos possíveis estrangulamentos (curvas, registros, Tês, etc.) que existam ao longo dela. Essa queda de pressão, que pode ser chamada, também de perda de carga, para que tenha um desempenho adequado da rede, não deve ultrapassar a linha dos $0,3\text{kgf/cm}^2$. Em caso de grandes redes pode chegar ao máximo de $0,5\text{kgf/cm}^2$.

Os números de pontos de estrangulamento são as singularidades já ditas (curvas, registros, tês, etc.), que são totalmente necessárias para distribuição da linha tronco por dentro de toda

projeto da industrial. Tais singularidades têm de ser transformadas em comprimento equivalente (L2), que é possível com o uso do anexo A4.

1.5.3.1.1. Exemplo teórico método Fialho

Como exemplo para maior compreensão, usou-se como base o exemplo prático (2.5.6.1.) do livro Fialho (2004), encontrado na página 65, onde se quer determinar o diâmetro de uma tubulação de linha de tronco com as características mostrada na tabela (1).

Tabela 1 – Dados do exemplo.

Comprimento de tubulação linear (L1)	455m
Perda de carga admitida	0,8kgf/cm ²
Pressão de regime	11kgf/cm ²
Volume de ar corrente	400m ³ /h
Aumento de capacidade prevista nos próximos 8 anos	40%

Fonte: Autor, com base Fialho, 2004.

Tendo 4 tês roscados com fluxo em ramal, 35 tês roscados com fluxo em linha, 10 válvulas do tipo gaveta, roscadas, 8 curvas de 90° de raio longo, como Singularidades

Para obter o diâmetro, a princípio não é considerado as singularidades, pois a princípio determina-se um diâmetro nominal, entre tanto, o exemplo expõe que em 8 anos a capacidade em volume de ar necessário deve crescer em 40%, então o volume de ar será o produto entre o volume e a porcentagem (1.2):

$$Q = 400 \cdot 1,4 = 560m^3/h \quad (1.2)$$

Agora pode-se aplicar a equação (1.1):

$$d = 10 \left[\sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 560^{1,85} \cdot 455}{0,8 \cdot 11}} \right] = 63mm \quad (1.3)$$

Porém, é necessário converter para polegada para que se utilize a tabela de singularidade (Anexo A.3.1), pois o diâmetro que foi obtido é inicialmente de referência (nominal).

$$63mm \rightarrow 2,5 \text{ in} \quad (1.4)$$

Com a utilização do anexo A.3.1, pode-se tabelar os resultados:

Tabela 2 – Perdas de cargas por singularidade do exemplo

Singularidade	QTD	Comprimento Equivalente (m)	Total (m)
Tê roscado com fluxo em ramal	4	3,9	15,6
Tê roscado com fluxo em linha	35	2,8	98
Válvula do tipo gaveta, roscada.	10	0,52	5,2
Curva de 90° de raio longo	8	1,1	8,8
Comprimento Equivalente Total (L2)			127,6

Fonte: Autor, com base Fialho, 2004

Agora pode-se encontrar o comprimento total do tronco (L_T), somando o primeiro registro (L_1) com o comprimento equivalente (L_2), como mostra a equação (1.5)

$$L_T = L_1 + L_2 \rightarrow 455 + 127,6 = 582,6m \quad (1.5)$$

Para finalizar, pois tem-se o comprimento total, com base na tabela de singularidade, repete-se a equação (1.3) com os novos valores:

$$d = 10 \left[\sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 560^{1,85} \cdot 582,6}{0,8 \cdot 11}} \right] = 66mm \quad (1.6)$$

Convertendo para polegada:

$$66mm \rightarrow 2,5 \text{ in} \quad (1.7)$$

Considerando as perdas de cargas das singularidades, ainda sim o diâmetro continua sendo 2.5 in, sendo assim o mesmo do diâmetro nominal inicial tendo em vista a resolução final de tal exemplo.

1.5.3.2. Método Macintyre

Para Macintyre (2011), é usado critérios de dimensionamento das tubulações onde nota-se primeiramente que o menor diâmetro de uma subdivisão tem a obrigação ser de 1" (uma polegada) e que a menor saída da subdivisão, ou seja, do sub-ramal, tem que ser de 3/4" (três quartos de polegada). Para encontrar o diâmetro das tubulações, utiliza-se métodos baseados na velocidade aconselhável para o escoamento do ar e na perda de pressão admissível.

O método de Macintyre tem duas subdivisões, a primeira é Partindo da velocidade de escoamento do ar, uma vez que é empregado para o dimensionamento de ramais secundários até cerca de 10 m. Não se leva em consideração a perda de carga, a qual, para um trecho de tão reduzida extensão, é de fato desprezível. Com tudo, neste trabalho não será utilizado, mas a segunda é de extrema relevância já que leva em conta a perda de caga. Para a resolução de tal

método, segue-se dois processos:

- Determina-se o diâmetro em função da descarga e da velocidade para calcular com fórmulas apropriadas para perda de carga. Então analise se o valor é inferior ao limite permitido (Processo 1).
- Após o processo 1 define-se o limite para a perda de carga e calcula-se o diâmetro correspondente. Emprega-se um diâmetro comercial consecutivamente maior, isso se o cálculo não conduzir a um diâmetro comercial de tubo (Processo 2).

O processo 1 calcula as perdas de carga nos encanamentos em sua passagem pelos encanamentos, o ar sofre uma perda de pressão com o atrito e às mudanças de direção. Essa perda de pressão necessita do comprimento “L” do ramal e das grandezas contida na fórmula clássica (1.8), onde a perda de pressão manométrica é (h_f) em kgf/m², comprimento do encanamento (L) em metros, que representa à soma do comprimento real com o comprimento equivalente correspondente às peças, conexões e válvulas, o peso específico do ar comprimido (δ) na temperatura e na pressão que se tenha no interior do encanamento (Anexo A.3.2), velocidade do ar, em metros por segundo, o diâmetro (d) do encanamento em metros, coeficiente variável com o diâmetro (α).

$$h_f = \frac{2}{d} \cdot l \cdot \delta \cdot \alpha \cdot v^2 \quad (1.8)$$

Onde:

$$\alpha = 0,000507 + \frac{0,00001294}{d} \quad (1.9)$$

O “ Q ” é chamado de descarga de ar, em m³/s na pressão de trabalho, pode se afirmar e lembrar que $Q = s \cdot v = \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) \cdot v$ onde a equação a seguir (1.10), é satisfatório para as aplicações nas indústrias. Pode-se escrever assim:

$$h_f = 3,25 \cdot \alpha \cdot \frac{Q^2 \cdot l \cdot \delta}{d^5} \quad (1.10)$$

Dando continuidade no processo (1), mais duas formulas são primordiais. Atlas Copco presenta a seguinte fórmula (1.11) para cálculo da perda de carga em encanamentos.

$$h_f = 0,008 \cdot \frac{Q_l^{1,85} \cdot l_{total}}{d^5 \cdot P} \quad (1.11)$$

Onde:

- $h_f = \text{kgf/cm}^{-2}$
- $Q_l = \text{m}^3/\text{min}$, (descarga livre)

- l_t = comprimento real mais o equivalente, em metros
- d = diâmetro, em polegadas
- P = pressão absoluta inicial, em kgf/cm^{-2}

E a fórmula de Worthington, indicado na equação (1.12):

$$h_f = 0,842 \cdot \frac{l_{total} \cdot Q^2}{R \cdot d^5} \quad (1.12)$$

Onde:

- h_f = kgf/cm^2
- Q_t = Vazão do Ar normal, em m^3/min
- l_t = em metros
- d = diâmetro interno da tubulação em cm
- R = relação de compressão para a pressão de trabalho

O processo 2 calcula o diâmetro, em que já fixada a perda de carga admissível, visto que o diâmetro “ d ” é em função da perda de carga e da as outras variáveis, como mostra a equação (1.13).

$$d = \sqrt[5]{\alpha \cdot 3,25 \cdot \frac{Q^2 \cdot l \cdot \delta}{H_f}} \quad (1.13)$$

1.5.3.2.1. Exemplo teórico método Macintyre

Assim como no método 1, exemplificar-se-á também para o método 2, onde diferentemente do outro método, esse abrange com mais detalhes os cálculos de perda de cargas, sendo assim, o exemplo a seguir tem como base teórica o livro Macintyre (2011), encontrado na página 129 (Exercício 3.19).

Em uma tubulação de 200 m de comprimento total (real ($L1$) + equivalente ($L2$)) alimenta de ar comprimido a 8 atm. manométricas com uma temperatura de 35°C , 10 máquinas operatrizes, que consomem individualmente 3m^3 de ar livre por minuto e funcionam simultaneamente. Se as perdas aceitáveis por fugas representam 10% e as de atrito 0,15 atm, qual deverá ser o diâmetro do encanamento?

Primeiramente, calcula-se o volume total de ar livre por minuto:

$$(10 \cdot 3) + \left(24 \cdot \frac{10}{100}\right) = 32,4\text{m}^3/\text{min} \quad (1.14)$$

Posteriormente, converter a pressão com o volume:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} = 32,4 \cdot \frac{1}{8 \cdot 1} = 4,05m^3/min \rightarrow 0,0675m^3/s \quad (1.15)$$

Com o auxílio do anexo A.3.2, determina-se o peso específico do ar com 8 atm. à 35°C, obtendo o número $\delta = 10,310$.

Para calcular o α é necessário do Diâmetro a ser encontrado, então faz-se uma aproximação pra o coeficiente:

$$\alpha = 0,00051$$

Agora pode-se usar a equação (1.13):

$$d = \sqrt[5]{0,00051 \cdot 3,25 \cdot \frac{0,0675^2 \cdot 200 \cdot 10,310}{0,15 \cdot 10,330}} = 0,4m \quad (1.16)$$

Se utilizar a formula de Worthington e substituindo os valores, antes, calcula-se R :

$$R = \frac{8 + 1}{1} = 9 \quad (1.17)$$

Tem-se:

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,842 \cdot Lt \cdot Q^2}{R \cdot Hf}} \quad (1.18)$$

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,842 \cdot 200 \cdot 32,4^2}{9 \cdot 0,15}} = 10,55cm \quad (1.19)$$

Onde o resultado é $d = 105,5mm$, que convertendo para polegada, se aproxima de 4 in (quatro polegada), que posteriormente pode ser usado a tabela de singularidade do anexo (A.3.3), sendo a equação (1.18) a base para o cálculo do método 2 (Macintyre) no aplicativo. A escolha da equação (1.18) e não a equação (1.16), se dá a partir da grande dificuldade para o usuário consultar mais tabelas para fazer aproximações com tubos *Schedule 40* e encontrar o coeficiente α q varia com o diâmetro à ser encontrado, sendo que no final o resultado será o mesmo se utilizar a equação de Worthington para encontrar o diâmetro, seria uma questão de facilitação tanto para o usuário quanto para a programação do aplicativo.

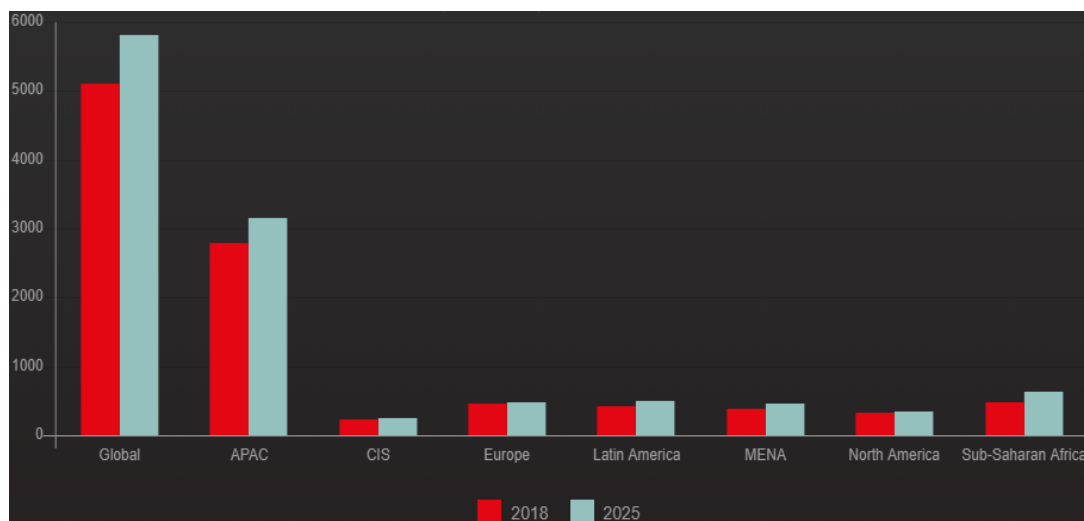
1.6. DISPOSITIVOS MÓVEIS

A evolução das tecnologias, os computadores ficaram cada vez menores, mais eficientes, práticos e fáceis de usar, permitindo, inclusive, serem levados para vários lugares e utilizados por qualquer pessoa. As tecnologias capazes de proporcionar essa maior flexibilidade são

conhecidas como dispositivos móveis.

De acordo com GSMA (2019), o mercado de aparelhos móveis vem crescendo cada vez mais nos últimos anos. Em 2019 há mais de 5.1 bilhões de usuários que utilizam aparelhos móveis no mundo de acordo com os estudos realizados, com previsões para 2025 de 5.818 bilhões, segundo a empresa que faz relatórios anualmente da economia móvel mundial, como informa o gráfico 1. No Brasil, segundo a Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (FGV-SP) em uma pesquisa em 2019, há 230 milhões de celulares ativos, confirmando a tendência mundial do crescimento da necessidade de dispositivos móveis.

Gráfico 1 – Crescimento de usuários de dispositivos móveis mundial.



Fonte: GSMA, 2019.

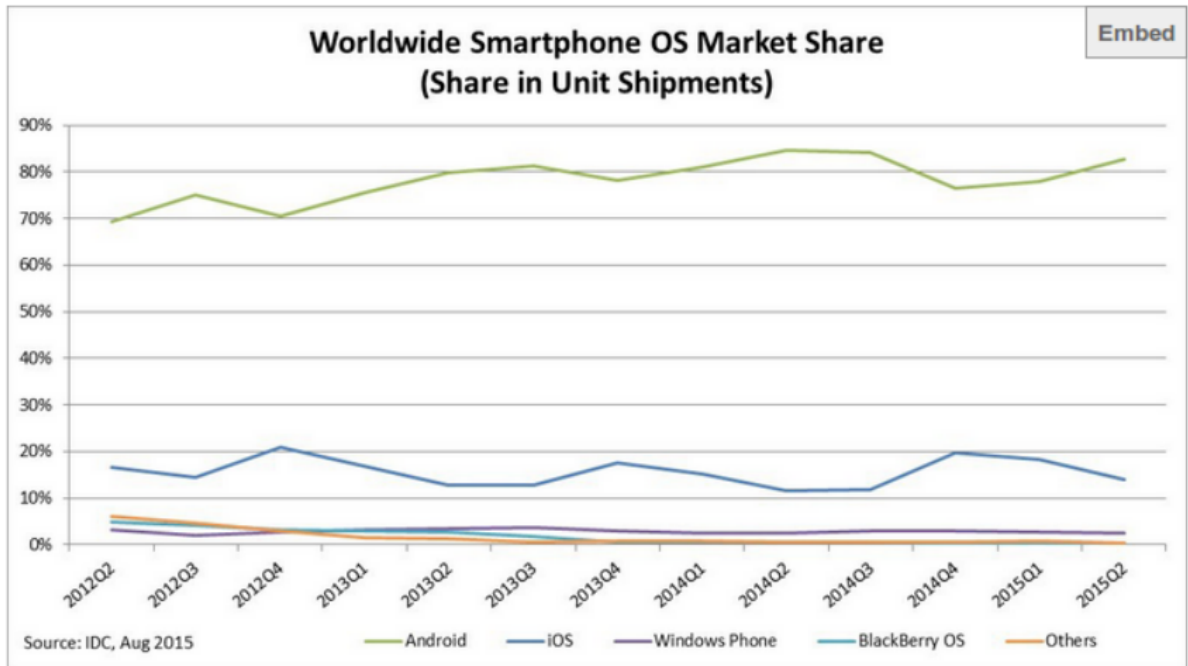
1.7. SISTEMA OPERACIONAL

Segundo Andrew (2009), sistema operacional não é só dizer que é um *software* que executa em modo núcleo, parte do impasse ocorre porque os sistemas operacionais realizam essencialmente, duas funcionalidades não relacionadas: viabilizar aos programadores de aplicativos (e aos programas e aplicativos, naturalmente) um conjunto de recursos abstratos claros em vez de recursos confusos de *hardware* e gerenciar esses recursos de *hardware*. Dependendo do tipo de usuário, ele vai lidar mais com uma função ou com outra.

Outra pesquisa feita em 2015 pela *International Data Corporation* (IDC, 2015) revela que o Android vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, de 2012 até 2015 ele conseguiu passar de 69.3% para 82.8% no número de dispositivos usando o sistema operacional. A figura (10) mostra um gráfico comparativo com os diferentes sistemas operacionais móveis do mercado.

Em 2016, uma pesquisa realizada pela empresa *Gartner*, mostra que nada menos que 99,1% dos smartphones vendidos no mundo inteiro rodam Android ou iOS. Já, outros sistemas móveis, que tinham atuação reduzida, porém relevante, como *Windows* e *BlackBerry*, praticamente não saem mais das lojas.

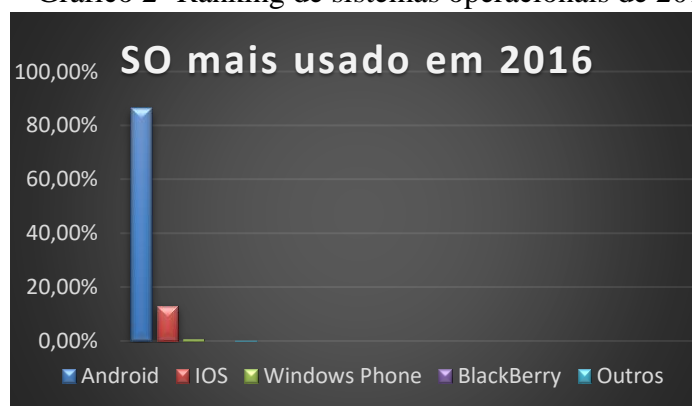
Figura 10 - Gráfico comparativo sistemas operacionais móveis.



Fonte: IDC, 2015.

Foram comercializados 344 milhões de smartphones no segundo trimestre de 2016. O Android não simplesmente continua líder de mercado, como aumentou sua parcela: 86,2% dos aparelhos vendidos rodavam a plataforma do *Google*, como mostra o gráfico (1), contra 82,2% no mesmo período de 2015 (GARTNER, 2016).

Gráfico 2- Ranking de sistemas operacionais de 2016.



Fonte: autor com base em *Gartner* (2016).

Os relevantes objetivos dessa plataforma, é ser moderna e flexível, a fim de possibilitar o desenvolvimento de novos aplicativos de forma rápida e moderna, podendo haver também a possibilitar a personalização das aplicações e componentes do seu sistema operacional (LECHETA, 2009).

Para Calmon (2014), quando as pessoas pensam em criar Apps, normalmente, querem desenvolver algo para *iPhone*. Existem diversas boas razões para isso, entretanto algumas razões não são tão boas, desse modo, há muitos *iPhones* e *iPads* sendo vendidos pelo mundo, a grande parte rodando a versão atualizada do iOS. Esse processo facilita muito as coisas para quem cria Apps, pois não há problema em utilizar novas funcionalidades que poderiam não estar disponíveis àqueles que não atualizaram seus celulares. Também é sabido que usuários da *Apple* tendem a comprar mais Apps que os usuários do Android. Mas *iPhone* e *iPad* não são aparelhos baratos, e os Androids têm se tornado cada vez mais populares, sendo usados em diversos aparelhos conhecidos, famosos e de última geração, por conter uma interface agradável e ser código livre.

1.7.1. Android

Android é um sistema operacional desenvolvido pela Google fundamentado no núcleo *Linux*, um *Kernel* que pode ser livremente modificada e distribuída. Com uma interface de usuário baseada na manipulação direta, o Android é elaborado principalmente para dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*, onde hoje em dia, tal sistema está sendo consideravelmente usados em TVs, eletrodomésticos, relógios e computadores de bordo em carros e em diferentes veículos. O sistema operacional utiliza-se da tela sensível ao toque para que o usuário possa manipular objetos virtuais e da mesma forma de um teclado virtual. Apesar de ser principalmente utilizado em dispositivos com tela sensível ao toque, é utilizado também em consoles de videogames, câmeras digitais, computadores e outros dispositivos eletrônicos.

O Android é o sistema operacional móvel mais utilizado do mundo, e, em 2013, possuía a maior porcentagem das vendas mundiais de sistemas operacional móveis (EMERSON ALECRIM, 2013) e uma pesquisa exercida com programadores entre abril e maio de 2013 realizada por uma empresa de estatísticas chamada *Developer Economics Q3 analyst report*, publicou que 71% dos programadores para sistemas móveis desenvolviam para o Android. Por conter toda esse crescimento e uma familiaridade do usuário com o sistema, teve um grande aumento no uso do SO nos eletrônicos, sendo assim o sistema operacional *mobile* livre escolhido para o desenvolvimento do App deste trabalho.

Como o Android possui o código de fonte aberto poderá estar em constante evolução, sendo capaz de ser alterado para receber novas tecnologias, segundo estas forem surgindo e as comunidades de desenvolvimento trabalhem em conjunto para construírem aplicações móveis inovadoras (PEREIRA; DA SILVA, 2009).

Por outro lado, o usuário pode desenvolver Apps para Android com aplicações e ferramentas inteiramente grátis. Não é requerido cadastro no *Google*, a não ser que o usuário/desenvolvedor tenha intenção de colocar o App na *Play Store*. Da mesma forma que não precisa pagar nada para testar tal criação em um *smartphone* ou *tablet*.

1.7.2. iOS

iOS é a abreviatura para *iPhone Operation System* (Sistema de Operação do iPhone) sendo desenvolvido pela *Apple*. O sistema foi baseado no Sistema Operacional *MAC OS X* e projetado para atender as necessidades de aparelhos moveis desenvolvidos pela *Apple*. O sistema realiza uma abstração entre a comunicação do hardware com o aplicativo (AppleInc 2011).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção explicará a metodologia utilizada no projeto e para o desenvolvimento do App no projeto, o qual foi baseada na metodologia SCRUM (JÚNIOR, 2015), pois se baseia em métodos ágeis. Esta seção também apresentará as ferramentas utilizadas na construção do App.

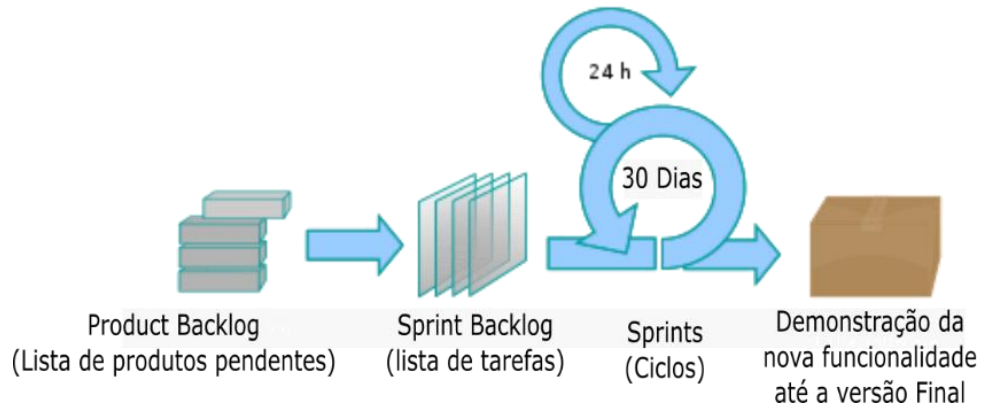
2.1. METODOLOGIA

Foi utilizado o método de pesquisa descritiva e explicativa, pois ambas as duas relacionam duas ideias (cálculo e aplicativo) tendo em vista um foco específico do tema, tentando explicar seu desenvolvimento e formulando testes de funcionalidades e testes de usabilidade com alunos da faculdade de ciência e tecnologia.

2.1.1. Método de desenvolvimento do aplicativo

O SCRUM é fundamentado em teorias empíricas de controle de processo. No Scrum três pilares apoiam a implementação de controle de processo: transparência, inspeção e adaptação. Foi dividido em iterações com duração de uma semana, chamadas *Sprints*, sendo utilizados quatro *Sprints* (um mês) para a realização do desenvolvimento do App.

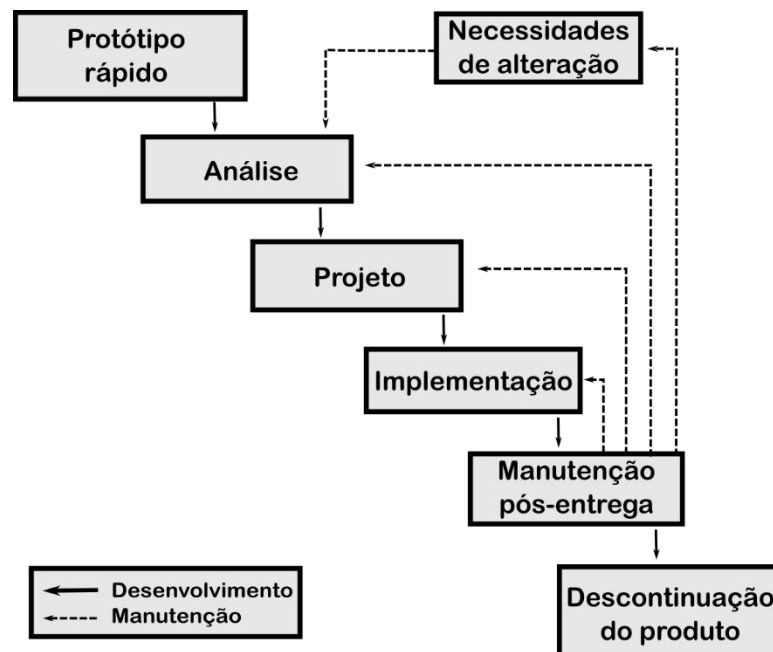
Figura 11 - Fases do Scrum.



Fonte: Baseado em JÚNIOR, 2015.

O ciclo de vida do software implementado foi o modelo Prototipagem, para ser coerente com o método Scrum em termos de agilidade e rapidez, pois o objetivo do modelo de prototipagem é detalhar os requisitos da interface do usuário e os integrar aos outros requisitos como caso de uso, cenários, regra de dados e de negócio. As partes interessadas constantemente consideram a prototipagem como um meio concreto de identificar, descrever e autenticar, suas necessidades de *interface* (LAGUNA; KERBER, 2006).

Figura 12 – Modelo Prototipagem.



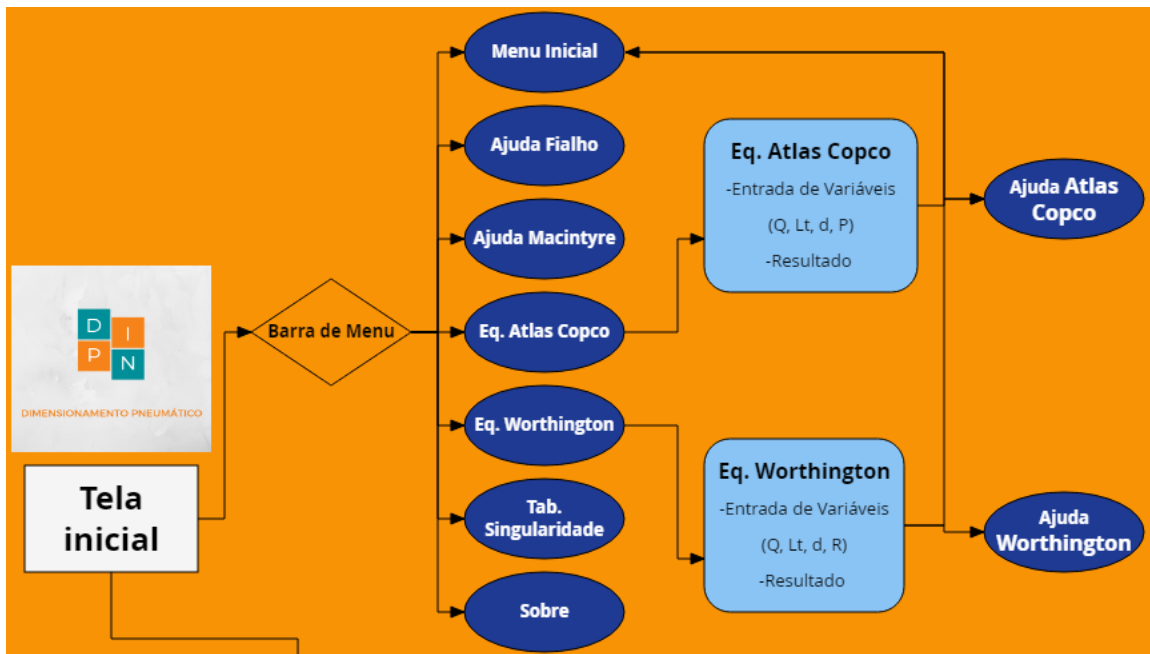
Fonte: SCHACH, 2010.

2.1.2. Modelagem do App

Como já mencionado anteriormente, não há projetos de aplicativo específico para os cálculos de diâmetros de tubulações para sistema de comprimido e com tabela de singularidade. Pois o objetivo (visto anteriormente) é calcular tais variáveis dando-lhe uma exatidão maior na hora de dimensionar os ramais dos sistemas como fins didáticos e posteriormente industrial. Com isso, houve uma preocupação com relação ao desenvolvimento do aplicativo, para deixá-lo de um jeito mais amigável e funcional ao usuário de fácil utilização, possuir confiabilidade e um bom desempenho, já que o mesmo deve funcionar em dispositivos móveis com capacidade de hardware limitada.

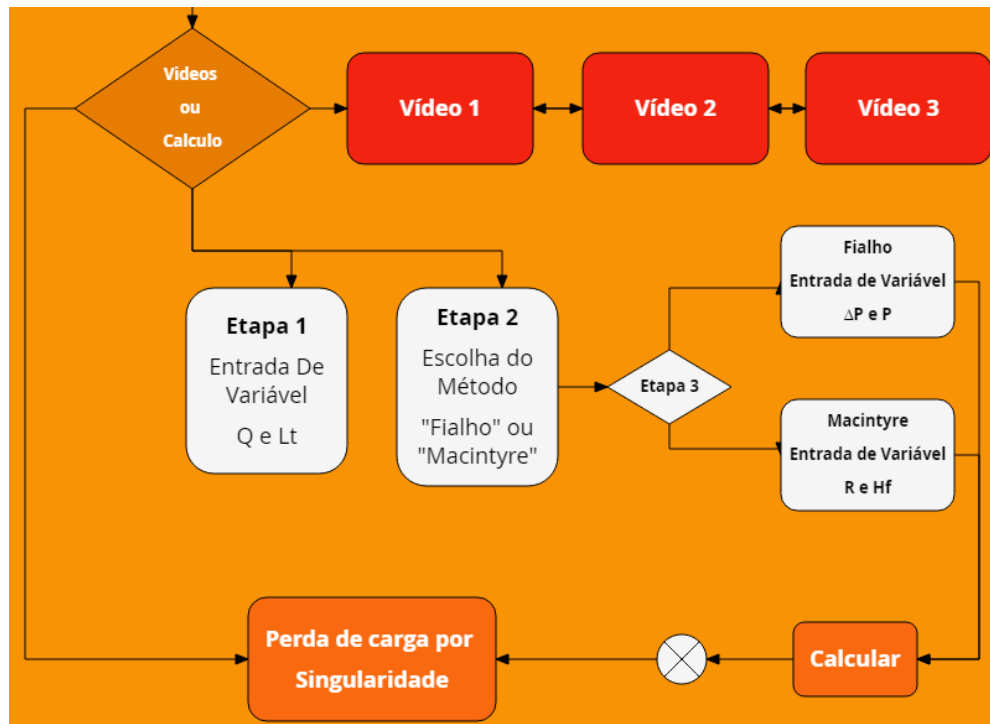
A princípio, foi estabelecido em fluxograma, como mostra a figura (13) e (14), de ações que o usuário poderia executar, previstas no projeto inicial.

Figura 13 – Fluxograma parte 1 da navegação do App.



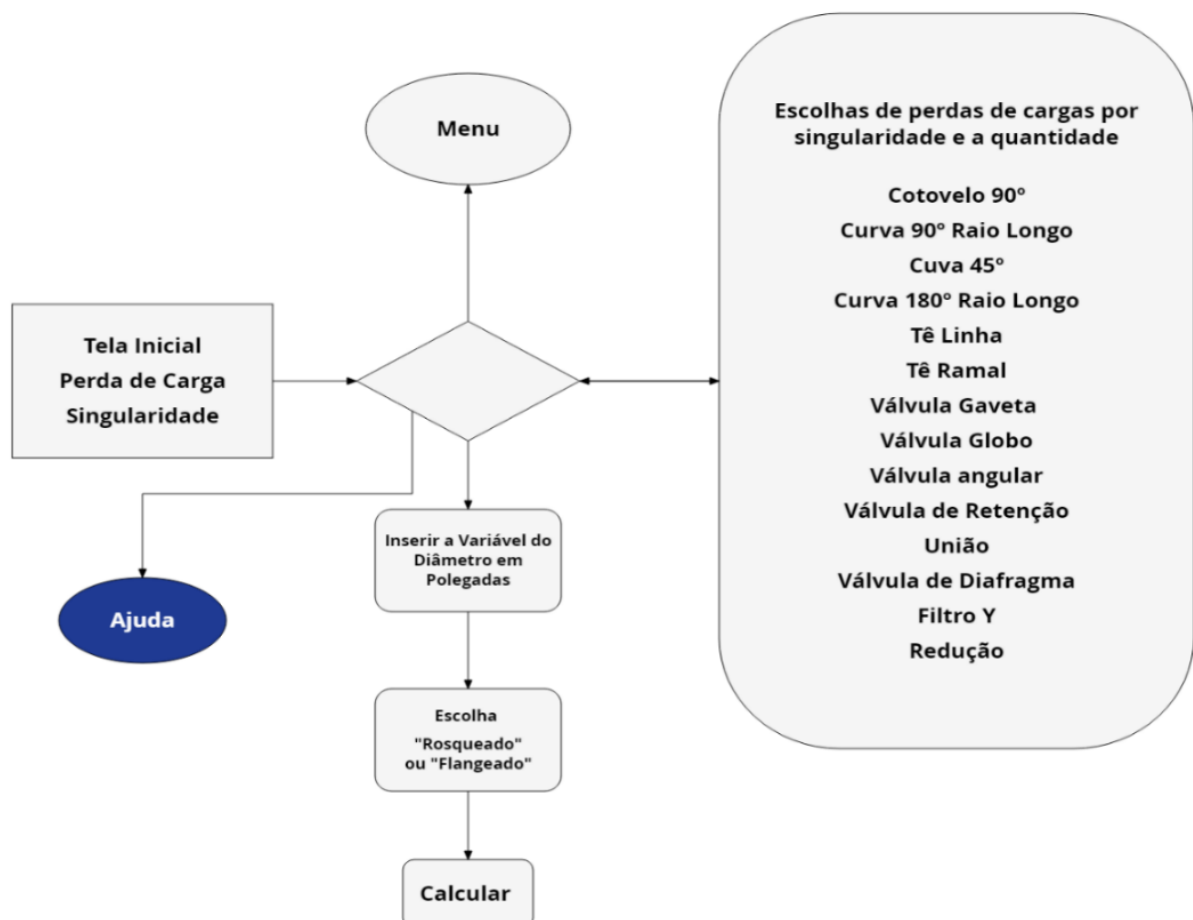
Fonte: Autor, 2018.

Figura 14 – Fluxograma parte 2 da navegação do App.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 15 – Fluxograma da página Perda carga por singularidade.



Fonte: Autor, 2018.

O fluxograma mostra cada passo que o usuário pode executar, com entradas de variáveis, escolhas de métodos, barra de menu, tabelas, equações e um sessão do aplicativo chamado de “Perda de carga por Singularidade”, que pode ser dependente da página inicial, caso tem-se o valor do diâmetro do tubo, todavia, para essa página foi criado seu próprio fluxograma, como é mostrado na figura (15).

Com o planejamento, demonstrado no fluxograma, o desenvolvimento do aplicativo teve dois meses de planejamento, programação pura e elaboração do *Layout* para que haja uma boa performance, no que diz respeito a exatidão em um resultado final e na navegação do usuário no aplicativo para que tudo fosse de fácil acesso, lembrado que um mês de programação como indicado no modelo Scrum.

2.2. HARDWARE E SOFTWARE UTILIZADOS

2.2.1. Softwares Necessários

Só o programa em si, sozinho não vai funcionar, pois ele necessita dos arquivos oficiais Java, mais precisamente o mais recente *JDK Java 8*, para poder converter o *basic* para *java* e “embutir” no APK final, e o Android SDK, que é o Kit de Desenvolvimento de *Software* para Android, mas só se necessita das bibliotecas e os emuladores *AVD Manager* e também do *Net Framework 4.0* da *Microsoft*, em quanto no *smartphone*, necessita-se baixar o aplicativo *B4A-Bridge* que permite que o IDE se conecte ao dispositivo pela rede sem fio, no caso é opcional, e configurar no programa B4A.

2.2.1.1. Ferramenta B4A

Após analisar as necessidades, obedecendo o ciclo de vida, observada nos fluxogramas, agora pode desenvolver o projeto (App), onde para se criar um aplicativo, tanto para *smartphone* quanto para computador, é necessário de uma IDE. Foi utilizado o B4A (*Basic4Android*) para o desenvolvimento e programação do aplicativo nomeado de DIPN (Dimensionamento Pneumático).

Basic4Android, conhecido como B4A é uma ferramenta completa de desenvolvimento rápido de aplicativos para Android, pode-se determinar como uma IDE (*Integrated Development Environment*) que é um ambiente de desenvolvimento integrado, desenvolvidos e comercializados pela empresa israelense de desenvolvimento de aplicativos móveis *Anywhere Software* Ltda.

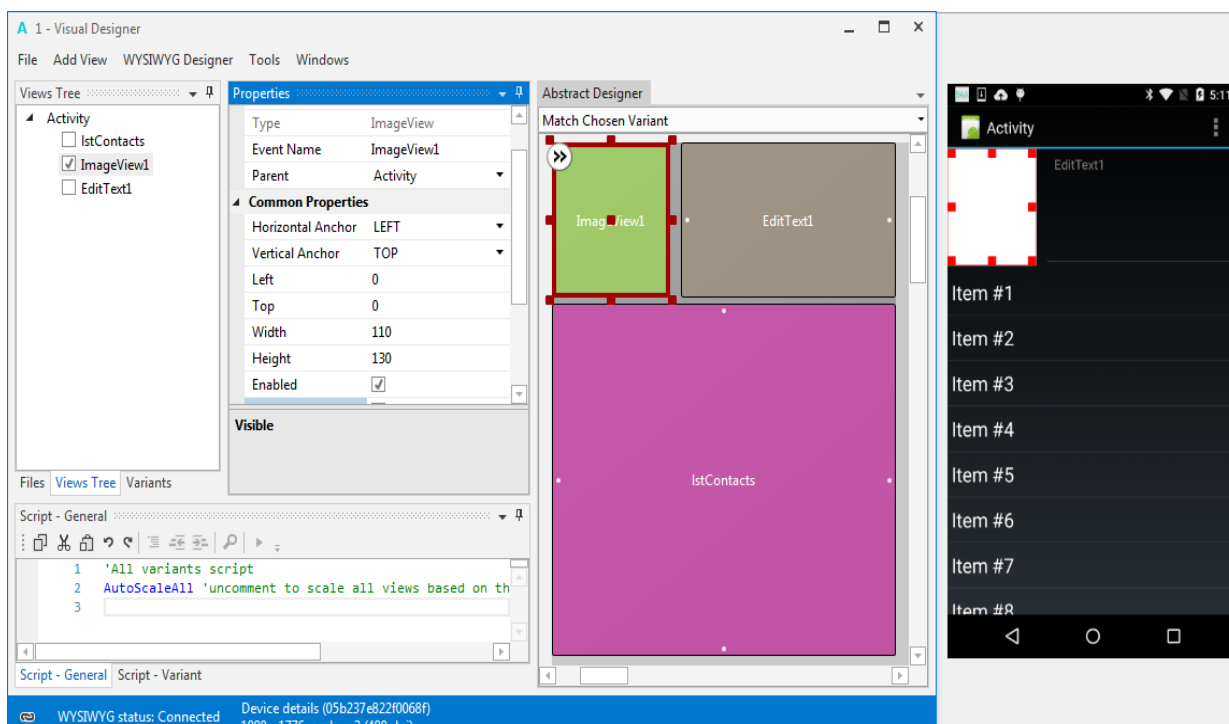
O B4A usa a versão da popular linguagem de programação *BASIC* (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) sigla para Código de Instruções Simbólicas de Uso Geral para Principiantes, similar ao mais conhecido *Visual Basic* da *Microsoft*, onde existe uma facilidade até mesmo para quem não domina programação. Quando se cria um aplicativo no B4A, ele é automaticamente convertido para Java onde pode ser executado pelo Android.

Java é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida na empresa *Sun Microsystems* e em 2008 foi adquirido pela empresa *Oracle Corporation*. Diferente das linguagens de programação modernas, que são compiladas para código nativo, a linguagem Java é compilada para um *bytecode* que é interpretado por uma máquina virtual (*Java Virtual Machine*, mais denominada pela sua abreviação JVM). A linguagem de programação Java é a linguagem convencional da Plataforma Java, porém não é a sua única linguagem (PATRICK NAUGHTON, 1997).

Como a linguagem padrão usado pelo Android é o *Java*, é necessário converter o *Basic* para *Java*, pois uma das facilidades que o B4A oferece é a compilação de dois modos, *debug* (depurar), que nada mais é que quando finalizado o código, é compilado e executado tanto em um celular conectado no computador ou em um emulador no próprio computador, e também existe a *Release* (Lançamento), porém a única diferença é que depois da compilação, é gerado um arquivo APK (*Android Package*), arquivo de pacote destinado ao sistema operacional Android, pode ser comparado ao “.exe” do *Windows* da *Microsoft*.

O *basic4Android* tem suas peculiaridades, entre elas está uma parte do programa chamada de *Designer*, é lá que se formula os *Layout* do aplicativo, onde se pode editar e dimensionar os botões, *label* (rótulo), imagens, telas, editor de textos e etc..., como mostra a figura (17).

Figura 17 – Aba Designer, B4A.



Fonte: Basic4brasil, 2019.

Toda a edição e desenvolvimento é executada em tempo real em emuladores do AVD *Manager* ou em dispositivos Android reais usando o *Android Debug Bridge* e o *B4A Bridge* com o *B4A Designer* que se instala no próprio Android.

O B4A suporta aplicativos, jogos, bancos de dados, conectividade, sensores e *hardware*, pois sua biblioteca interage com a API (*Application Programming Interface*, em português: Interface de Programação de Aplicações) nativa por meio de bibliotecas *Java*. As bibliotecas do B4A baseiam-se em dois arquivos: o arquivo jar do *Java* e um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*) produzido por uma ferramenta entregue com o B4A.

2.2.1.2. JDK Java 8

Plataforma Java, *Standard Edition* (Java SE) permite desenvolver e implantar aplicativos *Java* em *desktops* e servidores. O *Java* oferece a rica interface de usuário, desempenho, versatilidade, portabilidade e proteção que os aplicativos de hoje exigem. O *Java SE 8u111* inclui fundamentais correções de segurança. O *Java SE 8u112* é uma atualização de conjunto de *patches*, incluindo todos os recursos do 8u111 mais recursos adicionais (descritos nas notas de versão). O JDK (*Java SE Development Kit*). Para desenvolvedores de *Java*. Inclui um JRE completo, além de ferramentas para desenvolvimento, depuração e supervisão de aplicativos *Java* (ORACLE, 2019).

2.2.1.3. Android SDK

O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android e é fundamentado no *IntelliJ IDEA*. Além do editor de código e das ferramentas de desenho avançado do *IntelliJ*¹, o *Android Studio* oferece ainda mais recursos para aumentar sua produção de aplicativos Android, como:

- Um sistema de compilação flexível baseado no *Gradle*².
- Um emulador rápido com *ininters resources*³.
- Um ambiente unificado para você pode desenvolver todos os dispositivos Android.
- *Instant Run* (Compilar e executar) para aplicar as aplicações em execução sem precisar compilar um novo APK.
- Modelos de códigos e integração com *GitHub*⁴ para ajudar a criar conjuntos comuns de aplicativos.
- Ferramentas e estruturas de teste cheias de possibilidades.
- Ferramenta de verificação de cadeado para detectar problemas de performance, usabilidade, compatibilidade com outros.
- Compatibilidade com C++ e NDK⁵.
- Compatibilidade embutida com o *Google Cloud Platform* (suíte de computação em nuvem oferecida pelo Google), facilitando a integração do *Google Cloud Messaging* (serviço de notificação móvel desenvolvido pelo Google que permite que desenvolvedores de aplicativos de terceiros enviem dados de notificação ou informações) e do *App Engine* (plataforma de Computação em nuvem para desenvolver e hospedar aplicações web na infraestrutura do Google).

O *Android Studio* permite anotações para variáveis, parâmetros e valores de retorno para ajudar a detectar erros, como exceções de ponteiros e conflitos de tipos de recursos. O Gerenciador do Android SDK empacota uma biblioteca Suporte-Anotações no repositório de suporte Android para uso com o *Android Studio*. O *Android Studio* funciona como anotações configuradas durante a análise do código (ANDROID STUDIO, 2019).

¹ *IntelliJ*: é um ambiente de desenvolvimento integrado escrito em Java para o desenvolvimento de software de computador.

² *Gradle*: é um sistema de automação de compilação.

³ *Ininters Resources*: Emulador com impressora de recursos.

⁴ *GitHub*: é uma plataforma de hospedagem de código-fonte.

⁵ NDK: é um conjunto de ferramentas que permite usar códigos C e C++ no Android.

2.2.1.4. Net Framework 4.0

O *NET Framework* é o modelo de programação completo e consistente da *Microsoft* para a criação de aplicativos que oferecem uma experiência visualmente surpreendente aos usuários, comunicação confiável e sem interferências e a competência de modelar uma variedade de processos de negócios.

O *Microsoft .NET Framework 4* fornece os novos recursos e aprimoramentos a seguir:

- Aperfeiçoamentos do CLR (*Common Language Runtime*⁶) e da BCL (*Base Class Library*⁷)
- Depuração facilitada, incluindo depuração de despejo, minidespejos de *Watson*⁸, modo de depuração misto para contratos de 64 bits e de código.
- Para obter uma lista completa de aprimoramentos do CLR e da BCL, entre aqui.
- Inovações nas linguagens *Visual Basic* e *C#*, por exemplo, lambdas de instrução, continuação de linha implícita, distribuição dinâmica e parâmetros nomeados/opcionais.

Com relação aos aprimoramentos no acesso e modelagem de dados, o *Entity Framework* permite que os desenvolvedores programem com base em bancos de dados relacionais usando os objetos .NET e LINQ (Consulta Integrada à Linguagem). Ele contém muitos recursos novos, incluindo suporte a ignorância de persistência, associações de chave estrangeira, carregamento lento, suporte ao desenvolvimento orientado por teste, funcionalidades no modelo e novos operadores LINQ. Já, outros recursos incluem melhor suporte a n camadas com entidades de auto rastreamento, geração de códigos personalizada usando modelos T4, modelo de desenvolvimento *model-first*⁹, experiência de *design* aperfeiçoada, melhor desempenho e pluralização de conjuntos de entidade (MICROSOFT, 2019).

2.2.2. Hardware utilizado

Foi utilizado para este projeto um computador e um *smartphone* com as seguintes especificações:

⁶ *Common Language Runtime*: componente de máquina virtual da plataforma .NET da Microsoft.

⁷ *Base Class Library*: conjunto de classes que o .NET disponibiliza para todas as linguagens.

⁸ minidespejos de *Watson*: modo de depuração misto para contratos de 64 bits e de código.

⁹ *model-first*: permite que você crie um novo modelo usando o Entity Framework Designer.

- Placa mãe: *ASUSTeK*
- Processador: Intel(R) Core (TM) i5-4460 CPU © 3.20GHz 3.20 GHz
- Memória RAM: 4,00 GB (utilizável: 3,87 GB)
- HD: 1.4 TB
- Arquitetura: 64 Bits
- Smartphone: Motorola Moto G6 XT1925-3

2.3. DESIGNE DE INTERFACE INTERATIVA

Na tela inicial criou-se, primeiramente, a barra de menu com as principais páginas. Pensou-se em um menu de fácil acesso, onde uma barra na parte superior com imagem representando cada página (Inicio, Ajuda – Fialho, Ajuda – Macintyre, Equação Atlas Copco, Equação Worthington, Tabela de Singularidade e Sobre). A barra de menu e toda a parte de *designs* do aplicativo foi desenvolvida no *Visual Designs* do próprio B4A, a figura (18) mostra esse desenvolvimento.

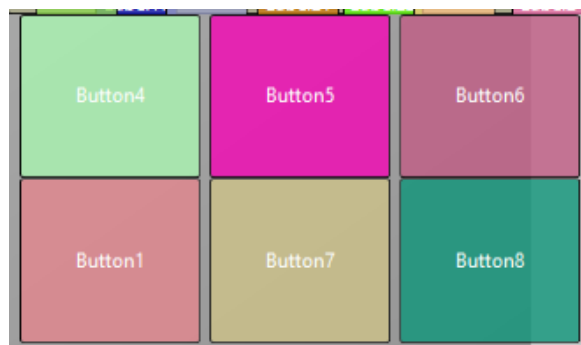
Figura 18 – Desenvolvimento da Barra de Menu, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

Compondo a tela inicial, tem-se abaixo da barra de menu a seção de vídeos para melhor entendimento e da funcionalidade do aplicativo (Vídeo 1), como calcular o diâmetro de uma tubulação (Vídeo 2) e o artigo do aplicativo, mostrado na figura (19).

Figura 19 – Seção de Vídeos, B4A-VD.



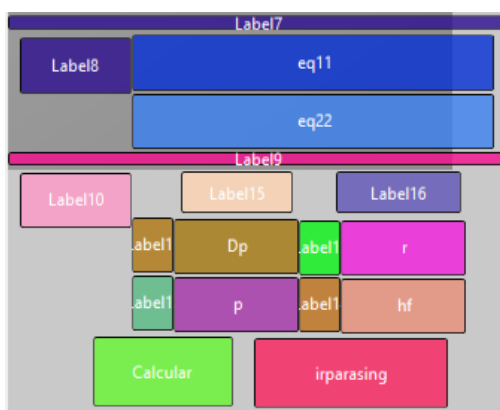
Fonte: Autor, 2019.

São 6 (seis) botões, três para imagem e três para o nome de cada vídeo e artigo, que quando clicado direciona para o *YouTube* ou um *Browser* para poder assistir os vídeos em questão. Mais abaixo dessa seção, se estabelece o cálculo principal do aplicativo contendo 3 (três) etapas bem definidas.

- Etapa 1: A inserção das variáveis “ Q ” e “ L ” (Vasão e Comprimento total da linha).
- Etapa 2: Escolha do Método “Fialho” ou “Macintyre”.
- Etapa 3: Essa etapa depende da escolha da etapa 3, pois se o usuário escolher o método Fialho, então deve-se inserir as variáveis “ ΔP ” e P (Queda de pressão admitida e a pressão de regime). Entre tanto, para a escolha do método Macintyre, o usuário deve adicionar as variáveis “ R ” e “ H_f ” (Relação de compressão e a perda de pressão manométrica).

A figura (20) mostra o desenvolvimento dessa seção principal, onde também mostra os botões para calcular o diâmetro e ir para a página de calcular os ramais por perda de carga específica por singularidade, assim finalizando a página inicial.

Figura 20 – Seção principal da tela inicial, cálculo do diâmetro, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

2.3.1. Página Ajuda Fialho

Esta página é composta por caracteres em forma de textos para informar e ajudar o usuário a tirar dúvidas sobre as variáveis da equação do método Fialho, contendo também a barra de menu na parte superior para melhor navegação, a figura (21) mostra o seu desenvolvimento.

Figura 21 – Layout da página Ajuda Fialho, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

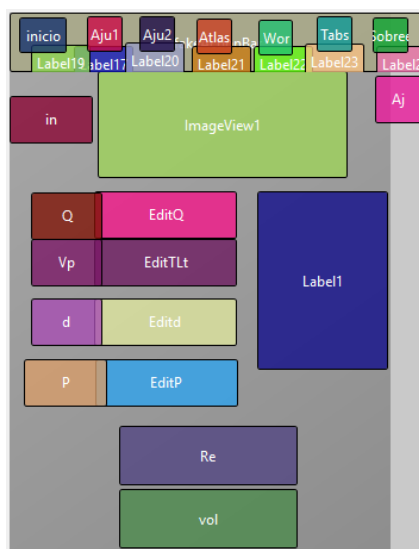
2.3.2. Página Ajuda Macintyre

Bem como a página anterior, essa página contém informações para sanar as dúvidas do usuário com relação as variáveis do segundo método (Macintyre), com a barra de menu, assim como mostrado, também, na figura (21), pois tem o mesmo *layout*.

2.3.3. Página Equação Atlas Copco

A página da equação de Atlas Copco é composta por duas páginas. A primeira é formada pela a equação mostrada em uma figura e em baixo os campos pra inserir as variáveis “ Q ”, “ Lt ”, “ d ” e “ P ” (Descarga livre, comprimento total da linha, diâmetro interno da tubulação e pressão absoluta inicial). Quando todos os campos, o botão calcular pode ser acionado, como mostra a figura (22). Em caso de dúvidas, criou-se a segunda página, composta por texto informando ao usuário o que é cada variável e sua dimensão.

Figura 22 - Layout da página de equação de Atlas Copco, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

2.3.4. Página Equação Worthington

Essa página, praticamente, é igual a página anterior, em termos de *layout*¹⁰, todavia, há uma diferença com relação a equação. Também é composta por duas páginas, uma para inserir as variáveis “*Q*”, “*Lt*”, “*d*” e “*R*” (vaz5t g6ybh7yb6ão de ar normal, comprimento total da linha, diâmetro interno da tubulação e a relação de compressão para a pressão de trabalho), onde é mostrado na figura (22), por ter o mesmo *layout*, e a outra para informar ao usuário o que são cada variável e seus dimensionamentos. Ressaltando que para ir para a página de ajuda – Worthington, deve-se clicar no botão redondo azul com um ponto de interrogação, criado para ser mais intuitivo para o usuário encontrar ajuda no aplicativo para cada compartimento do App DIPN

2.3.5. Página das Tabelas de Singularidades

Nesta página, pode-se navegar para mais 3 (três) páginas, totalizando assim quatro páginas, sendo que cada uma contém imagens de perda de carga (especifica) por singularidade, exceto a última que contém duas imagens, sendo elas em tabela com valores para cada diâmetro em polegada, tanto para rosqueado quanto para flangeado, na ordem:

- Página 1: Cotovelo comum 90°, curva 90° raio longo e curva 45°.
- Página 2: Curva 180° raio longo, Tê fluxo em linha e Tê fluxo pelo ramal.

¹⁰ *Layout*: rascunho ou esboço que contém elementos como imagens, textos, gráficos e a maneira como ele será estruturado em determinado espaço.

- Página 3: Válvula gaveta, Válvula globo e Válvula angular.
- Página 4: Válvula retenção portinhola e União Filtro Y.

Na parte inferior de cada página foram adicionados botões em forma de setas para fácil navegação entre as tabelas.

Figura 23 – Layout da página 1, 2, 3 e 4 da Tabela de Singularidade, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

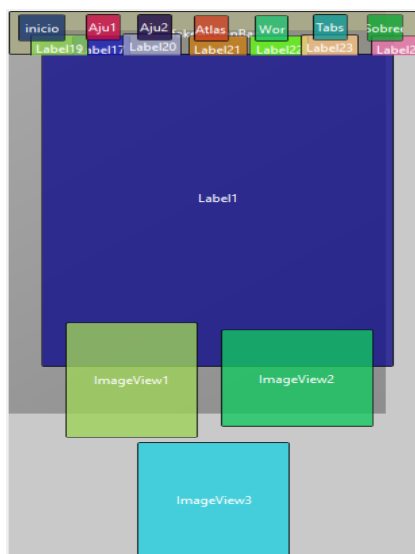
2.3.6. Página Sobre

Concluindo as páginas da barra de menu, tem-se a página Sobre, onde ela é composta *Labels*¹¹ e *ImageViews*¹², onde o *layout* é demonstrado na figura (27), mostrando em texto e imagens um pouco sobre o aplicativo e o que ele faz, após a parte de texto, tem-se uma seção de imagens, em ordem, o brasão da Universidade Federal do Pará (UFPA), o Símbolo do centro acadêmico da faculdade de Ciência e Tecnologia e o símbolo que representa o aplicativo DIPN.

¹¹ *Labels*: representa uma legenda para um item em uma interface de usuário.

¹² *ImageViews*: componente para exibir imagens na sua aplicação Android.

Figura 24 – Layout da Página Sobre, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

2.3.7. Página Perda de Carga Por Singularidade

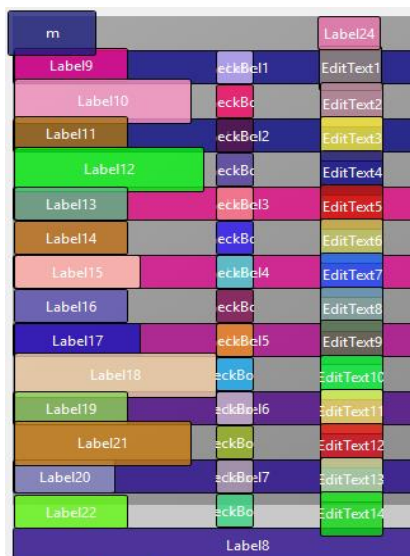
Esta página se encontra no último botão inferior esquerdo do início do aplicativo. Ela apresenta variadas perdas específicas de carga por singularidade, como visto no fluxograma anterior. Para melhor entendimento, o desenvolvimento se dá em duas áreas (superior e inferior, figuras 25 e 26), sendo a parte superior, do *layout*, com o botão menu, se clicado volta para o início do aplicativo, e a escolha da singularidade (usando o *CheckBox*¹³) e quantidade (usando campos de edição de texto ou numeral com o *EditText*¹⁴), cada *CheckBox* representa uma perda de carga que por sua vez está interligada com a sua quantidade. As perdas de cargas são, em ordem: Cotovelo comum 90°, curva 90° raio longo, curva 45°, Curva 180° raio longo, Tê fluxo em linha, Tê fluxo pelo ramal, Válvula gaveta, Válvula globo, Válvula angular, Válvula retenção, União, Válvula de diafragma, Filtro Y e redução, totalizando assim 14 perdas específicas de perdas. A área inferior, é composta por, seguindo a ordem da esquerda para a direita, o botão de ajuda, o campo para inserir o diâmetro em polegada, o botão de reset, que servia para resetar todos os campos, o botão calcular e as escolhas da tabela rosqueado ou a tabela flangeado em formas de *RadioButton*¹⁵.

¹³ *CheckBox*: uma caixa de seleção ou caixa de verificação é um elemento de interface gráfica.

¹⁴ *EditText*: espaço para adicionar textos e numerais em uma interface de usuário.

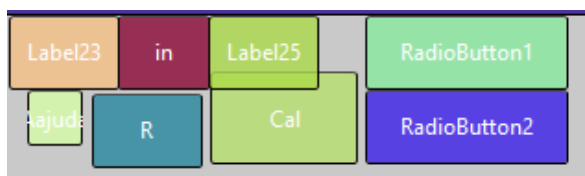
¹⁵ *RadioButton*: Um botão de opção ou botão de rádio é um elemento de interface gráfica com dois estados: selecionado e não-selecionado.

Figura 25 – Layout da área superior da página Perda de Carga Por Sing. B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

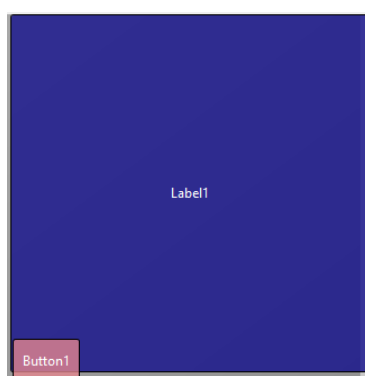
Figura 26 – Layout da área inferior da página Perda de Carga Por Sing. B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

Ao clicar no botão de ajuda, repensado pela *label 23*, desta página, o aplicativo direciona o usuário para a página de ajuda figura (27) composta por caracteres formando texto que explica como funciona e como deve ser executado as operações para poder ter o comprimento total do ramal, contendo também, na parte inferior, um botão para voltar para a página anterior.

Figura 27 – Layout da página de ajuda da seção de perdas de cargas, B4A-VD.



Fonte: Autor, 2019.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após todo o planejamento apresentado pelo fluxograma, toda programação e o desenvolvimento dos *layouts* para cada tela e menu, o protótipo do App é entregue para testes de funcionalidade (28).

Figura 28 – Tela inicial DIPN, celular Moto G6.

16:13

Início Ajuda (Fialho) Ajuda (Macintyre) AtlasCopco Worthington Tab de Singularidade Sobre

Tutorial de Como Funciona o Aplicativo DIPN

Como calcular o Diâmetro de uma tubulação (YouTube)

Artigo Sobre o Aplicativo DIPN

CALCULANDO O DIÂMETRO INTERNO

Etapa 1 Q Lt

Etapa 2 Método 1 (Fialho)
 Método 2 (Macintyre)

Etapa 3 (Fialho) (Macintyre)

ΔP R

P Hf

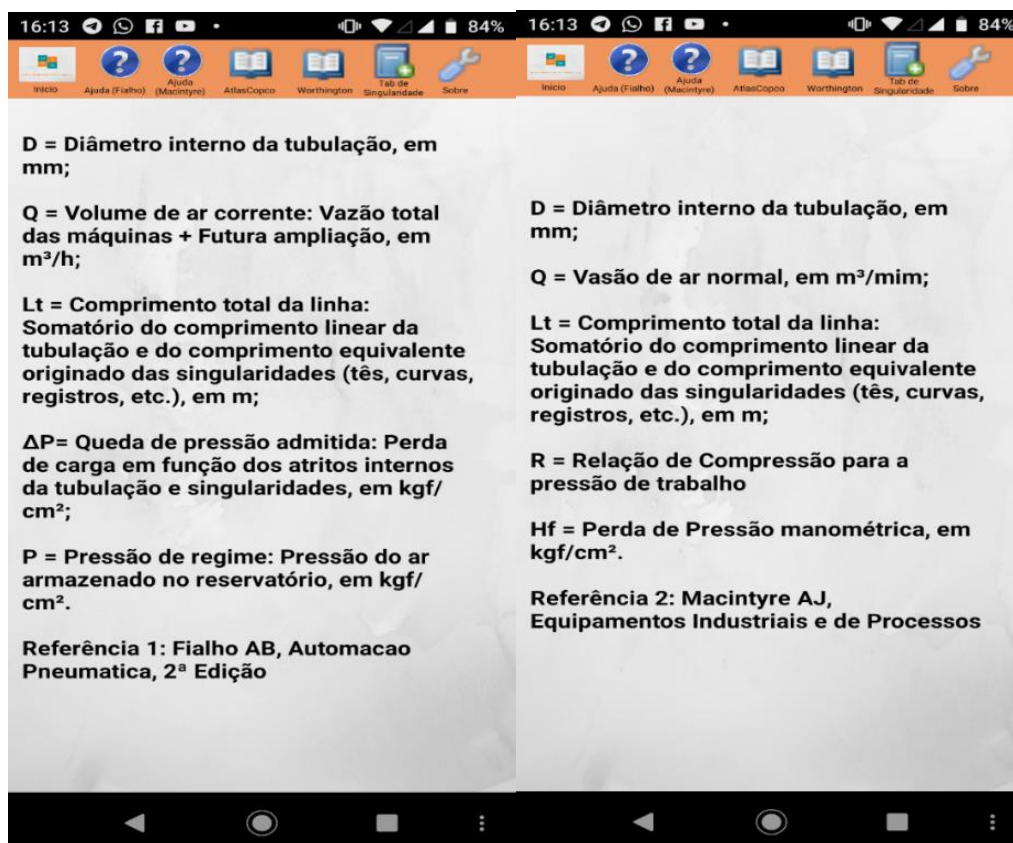
Calcular Perda de Carga por Singularidade

Fonte: Autor, 2019.

- Android 4.4 ou superior (desenvolvido em base do Android 8.1 (Android-27)).
- Aparelhos com telas de 320 x 480 ou 285 x 571 (mm) (se adapta a várias telas).
- Memória para a instalação de 5mb (tamanho final do APK).
- Não necessita de permissão específicas.

Serão mostradas, a seguir, capturas de tela do aplicativo, mostrando assim seu resultado final no que diz respeito ao seu *layout* (visual) e funcionalidade:

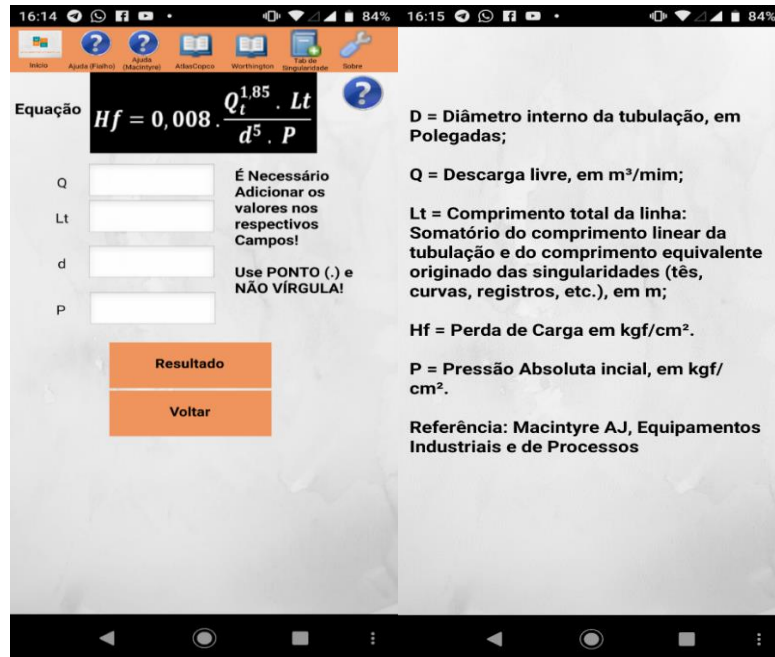
Figura 29 – Tela da página ajuda Fialho e tela da página ajuda Macintyre, Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

Na figura 29, mostra o resultado das telas de ajuda para os dois métodos (Fialho e Macintyre) definindo cada variável das equações.

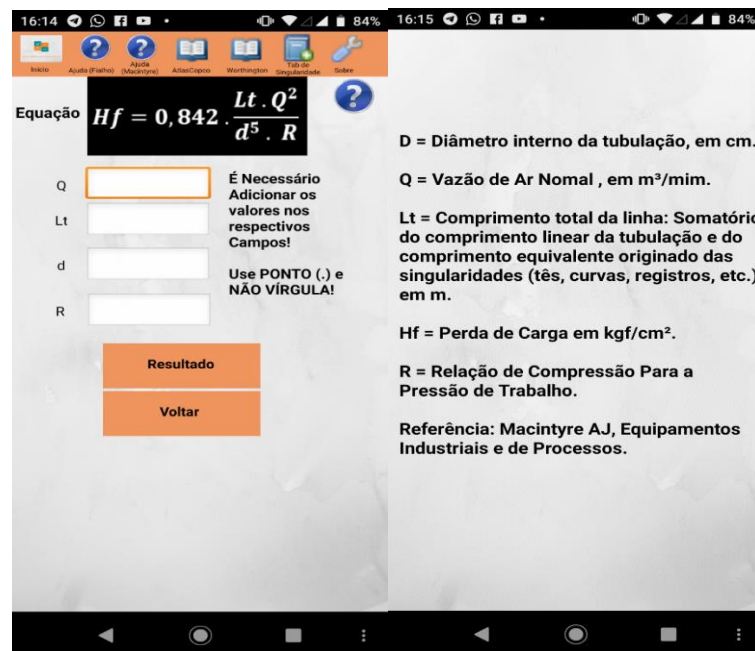
Figura 30 – Tela da Equação Atlas Copco e ajuda Atlas, Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

A tela mostrada nas figuras 30 e 31, tem como objetivo de auxiliar nas obtenções das variáveis do método Macintyre, calculando as perdas de cargas, sendo as figuras ao lado mostrando as definições das variáveis necessárias.


Figura 31 – Tela da Equação Worthington e ajuda Worthington, Moto G6.





Fonte: Autor, 2019.

As figuras 32, 33, 34 e 35 mostra as tabelas de singularidades, que auxiliar diretamente nos dois métodos, sendo de estrema importância para consulta dos diâmetros das tubulações em polegadas.

Figura 32 – Tela da Tabela de Singularidade Página 1, Moto G6.

Conexões		Diâmetro Nominal (in)						
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2
	ROSQ.	1,1	1,34	1,58	2	2,25	2,6	2,8
	FLAN.	0,30	0,37	0,50	0,62	0,73	0,95	1,1
		Diâmetro Nominal (in)						
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
90° Cotovelo comum	ROSQ.	3,4	3,7	4,0	-	-	-	-
	FLAN.	1,3	1,55	1,8	2,2	2,7	3,7	4,3


Conexão		Diâmetro Nominal (in)						
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2
	ROSQ.	0,67	0,70	0,83	0,98	1,0	1,1	1,1
	FLAN.	0,33	0,40	0,49	0,61	0,70	0,83	0,88
		Diâmetro Nominal (in)						
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
Curva 90° raio longo	ROSQ.	1,2	1,3	1,4	-	-	-	-
	FLAN.	1,0	1,15	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4

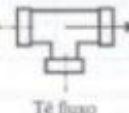
Conexão		Diâmetro Nominal (in)						
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2
	ROSQ.	0,21	0,28	0,39	0,52	0,64	0,83	0,97
	FLAN.	0,14	0,18	0,25	0,34	0,40	0,52	0,61
		Diâmetro Nominal (in)						
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
Curva 45°	ROSQ.	1,2	1,45	1,7	-	-	-	-
	FLAN.	0,8	0,95	1,1	1,4	1,7	2,3	2,7


Fonte: Autor, 2019.

A figura 32, mostra a primeira tela de tabela de singularidade, mostrando as conexões Cotovelo comum 90°, curva 90° raio longo e curva 45°, e seus diâmetros nominais em polegadas.

Figura 33 – Tela da Tabela de Singularidade Página 2, Moto G6.

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Curva 180° raio longo	ROSQ.	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	2,8	
	FLAN.	0,34	0,40	0,49	0,61	0,70	0,83	0,88	
		Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	3,4	3,7	4,0	-	-	-	-	
	FLAN.	1,00	1,15	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Tê fluxo em linha	ROSQ.	0,52	0,73	0,99	1,4	1,7	2,3	2,8	
	FLAN.	0,21	0,25	0,30	0,4	0,45	0,55	0,58	
		Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	3,7	4,45	5,2	-	-	-	-	
	FLAN.	0,67	0,74	0,85	1,0	1,2	1,4	1,6	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Tê fluxo pelo ramal	ROSQ.	1,3	1,6	2,0	2,7	3,0	3,7	3,9	
	FLAN.	0,61	0,80	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	
		Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	5,2	5,8	6,4	-	-	-	-	
	FLAN.	2,9	3,3	3,7	4,6	5,5	7,3	9,1	


Fonte: Autor, 2019.


A figura 32, mostra a primeira tela de tabela de singularidade, mostrando as conexões Curva 180° raio longo, Tê fluxo em linha e Tê fluxo pelo ramal, e seus diâmetros nominais em polegada.


Figura 34 – Tela da página 3 da Tabela de singularidade, Moto G6.

16:14 84%

Início Ajuda (Fialho) Ajuda (Macintyre) AtlasCopco Worthington Tab de Singularidade Sobre

Conexão		Diâmetro Nominal (in) ¹							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula gaveta	ROSQ.	0,17	0,20	0,25	0,34	0,37	0,46	0,52	
	FLAN.	-	-	-	-	-	0,80	0,83	
			Diâmetro Nominal (in)						
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	0,58	0,67	0,76	-	-	-	-	
	FLAN.	0,85	0,86	0,88	0,95	0,98	0,98	0,98	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula globo	ROSQ.	6,7	7,3	8,8	11,3	12,8	16,5	18,9	
	FLAN.	11,6	12,2	13,7	16,5	18,0	21,4	23,5	
			Diâmetro Nominal (in)						
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	24,0	27,25	33,5	-	-	-	-	
	FLAN.	28,7	32,65	36,6	45,7	47,9	49,3	94,5	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula angular	ROSQ.	4,6	4,6	5,2	5,5	5,5	5,55	5,55	
	FLAN.	4,6	4,6	5,2	5,5	5,5	6,4	6,7	
			Diâmetro Nominal (in)						
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	5,55	5,55	5,55	-	-	-	-	
	FLAN.	8,5	10,05	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6	

← →

Fonte: Autor, 2019.

A figura 32, mostra a primeira tela de tabela de singularidade, mostrando as conexões Válvula gaveta, Válvula globo e Válvula angular, e seus diâmetros nominais em polegada.

Figura 35 – Tela da página 4 da Tabela de singularidade, Moto G6.

Conexão		Diâmetro Nominal (in)						
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2
Válvula Retenção Portinhola	ROSQ.	2,4	2,7	3,4	4,0	4,6	5,8	6,7
	FLAN.	1,2	1,6	2,2	3,0	3,7	5,2	6,4
		Diâmetro Nominal (in)						
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	8,2	9,7	11,6	-	-	-	-
	FLAN.	8,3	9,6	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6

Conexão		Diâmetro Nominal (in)						
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2
União Filtro Y	ROSQ.	0,07	0,07	0,08	0,11	0,12	0,14	0,14
	FLAN.	1,5	2,0	2,3	5,5	8,1	8,3	8,8
		Diâmetro Nominal (in)						
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	0,16	0,175	0,19	-	-	-	-
	FLAN.	10,4	11,6	12,8	16,2	18,6	-	-

Fonte: Autor, 2019.

A figura 35, mostra a primeira tela de tabela de singularidade, mostrando as conexões Válvula retenção portinhola e União Filtro Y, e seus diâmetros nominais em polegada.

A tela Perda de Carga por Singularidade, figura 36 (esquerda), mostra uma interface interativa esperado contendo as principais conexões. Na mesma figura à direita, é mostrado a tela de ajuda para melhor entendimento de como fazer os cálculos.

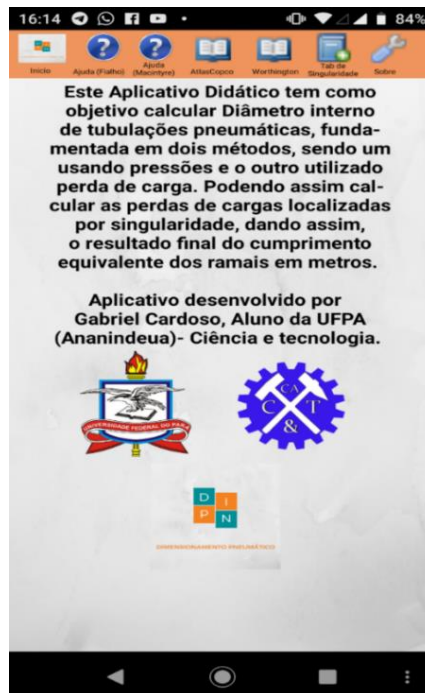
Figura 36 – Tela Sobre e tela de Perda de Carga Por Singularidade, Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

No último ícone do menu está a tela “Sobre” (figura 35), nessa seção do aplicativo é mostrado informações sobre o aplicativo, para que serve, por quem foi desenvolvido e de que instituição.

Figura 37 – Tela da de Ajuda da página de perdas de cargas, Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

3.1. FUNCIONALIDADE

O resultado está dentro do esperado, em termos de *layout*, seguindo o fluxograma apresentado inicialmente e seguindo vários testes nos seguintes aparelhos celulares: Motorola Moto G6, Motorola Moto G5 S Plus, Motorola Moto Z3 Play, Motorola Moto E5 Plus, Samsung Gram Prime e Samsung J5 Prime, colocando assim em prática a viabilidade tanto para com o *layout* se adaptarem em várias telas quanto para a sua funcionalidade.

Quanto a sua funcionalidade, o aplicativo final, corresponde a seu objetivo de calcular o diâmetro interno de uma tubulação de ar comprimido, enquanto o usuário já estiver com as variáveis necessária para tal cálculo.

3.1.1. Exemplo com o Método Fialho

Utilizando a mesma tabela (1), tem que calcular primeiramente a diâmetro para posteriormente obter o comprimento total do ramal seguindo as especificações da tabela, recordando que esse exemplo é totalmente baseado no exemplo prático (2.5.6.1.) do livro Fialho (2004), encontrado na página 65.

Tendo as seguintes singularidades, 4 tês roscados para ramal, 35 tês roscados em linha, 10 válvulas Gaveta e 8 curvas de 90° de raio longo.

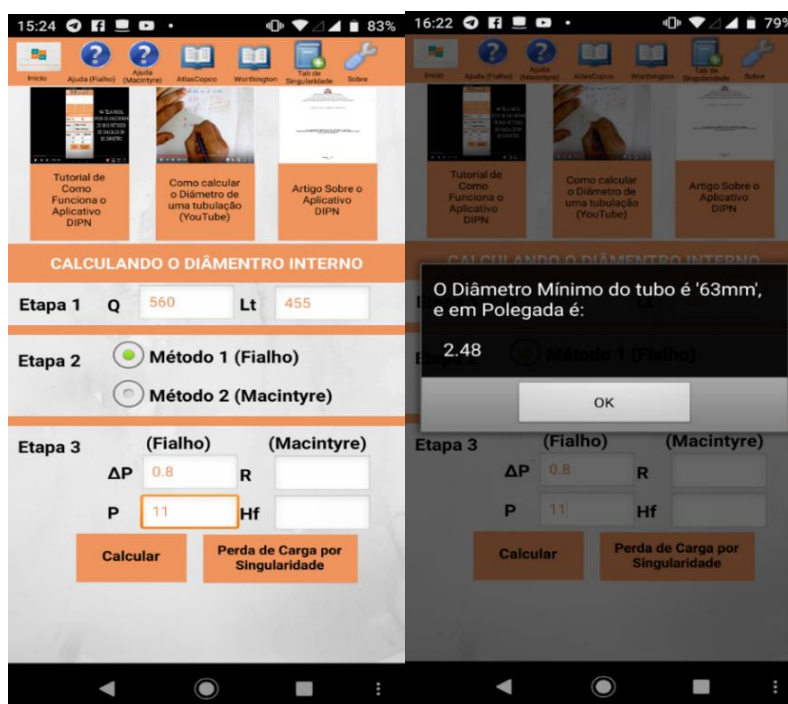
Primeiramente tais singularidade não serão necessárias, pois, no exemplo a especificação é que em 8 anos a capacidade de ar tem que crescer 40%, então, como visto anteriormente, o produto entre o volume e a porcentagem é de $560m^3/h$, com isso tem-se o que se precisa para calcular o diâmetro, onde o resultado do exemplo é 63mm, que convertendo para polegada obtém-se o valor de 2.5in. Na figura a seguir (39), observa-se o resultado no aplicativo DIPN.

Tabela 1 – Dados do exemplo Fialho

Comprimento de tubulação linear (L1)	455m
Perda de carga admitida	0,8kgf/cm ²
Pressão de regime	11kgf/cm ²
Volume de ar corrente	400m ³ /h
Aumento de capacidade prevista nos próximos 8 anos	40%

Fonte; Autor com base Fialho, 2004

Figura 38 – Inserindo as variáveis (Esquerda) e resultado (Direita), Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

Analisando a figura (36), observa-se que após inserir as variáveis seguindo as três etapas, escolhendo o método Fialho e clicando no botão calcular, obtém-se exatamente o resultado do exemplo de 63 milímetros, e no próprio resultado também é mostrado a conversão para polegada no valor de 2.48 que pode ser arredondado para 2.5 polegada (lembrando que no exemplo do livro base, o mesmo foi feito), sendo assim os mesmos valores.

Com esse valor pode-se usar as singularidades em questão, tabela (2), onde serão calculadas as quantidades e os comprimentos equivalentes de cada singularidade, obtendo o total em metros. Os valores da tabela a seguir foram obtidos a partir do exemplo.

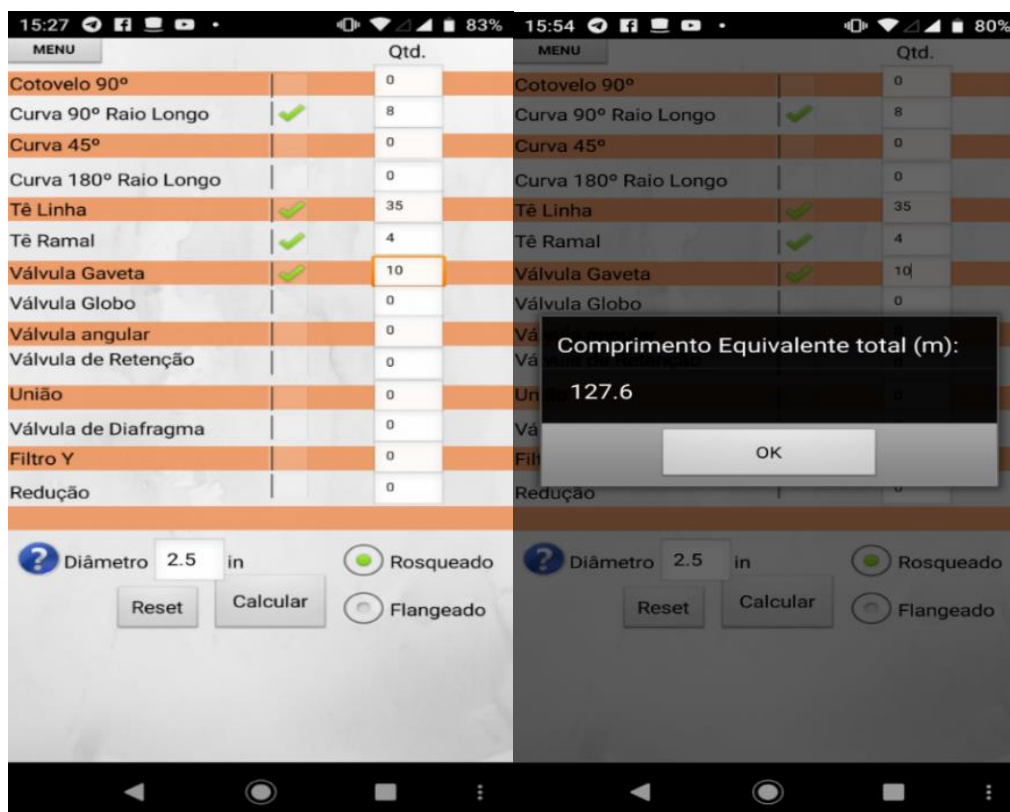
Tabela 2 – Perda carga por singularidade Fialho

Singularidade	QTD	Comprimento Equivalente (m)	Total (m)
Tê roscado com fluxo em ramal	4	3,9	15,6
Tê roscado com fluxo em linha	35	2,8	98
Válvula do tipo gaveta, roscada.	10	0,52	5,2
Curva de 90° de raio longo	8	1,1	8,8
Comprimento Equivalente Total (L2)			127,6

Fonte: Autor com base Fialho, 2004

Após clicar em “OK”, o próprio aplicativo direciona o usuário a área de cálculos de perda de cargas por singularidades. Basta inserir o diâmetro, selecionar as singularidades na caixa ao lado e inserir as quantidades e clicar em calcular, visto na figura (37).

Figura 39 – Inserção das variáveis (Esquerda) e o resultado (Direita), Moto G6.

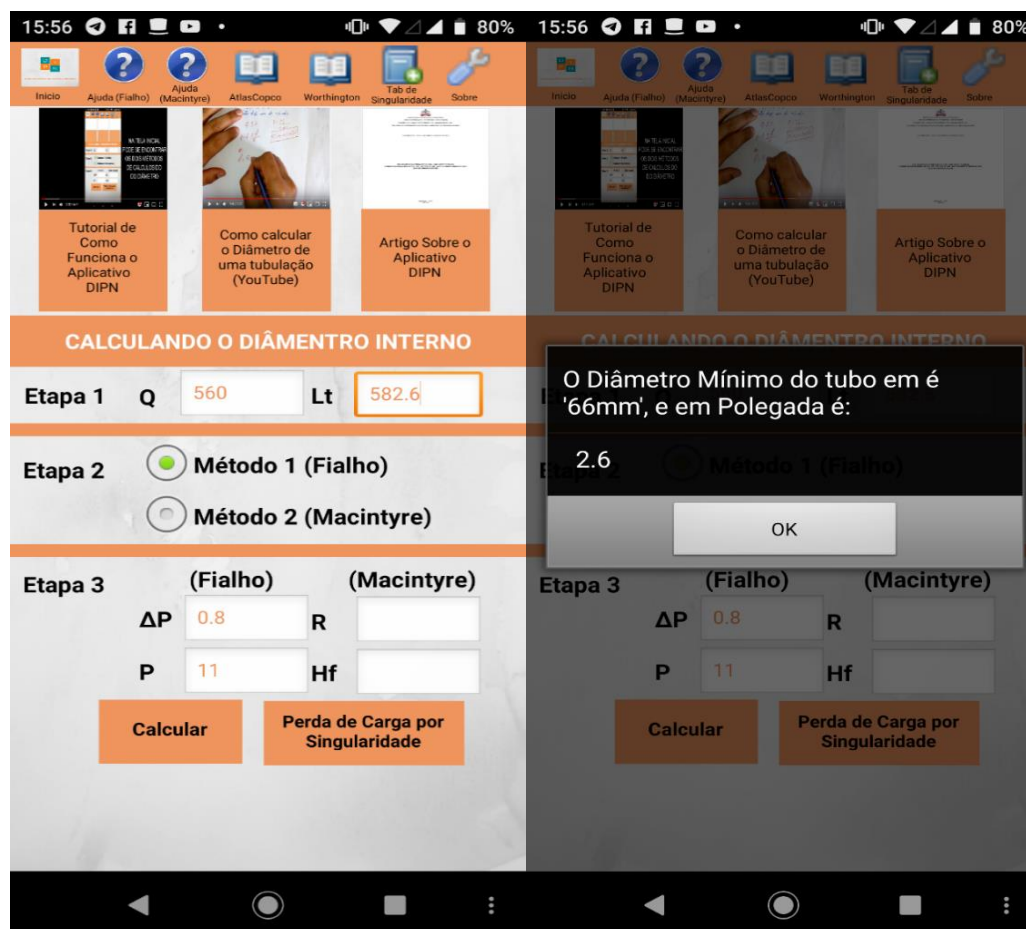


Fonte: Autor, 2019.

Como apresentado na Figura (37), o resultado novamente é igual ao do exemplo, resultando no comprimento equivalente em 127,6 metros. Em seguida, soma-se esse valor com os 455 metros, resultando no valor de 582,6m, pois L_t é a soma de L_1 e L_2 . Com comprimento total finaliza os cálculos obtendo o diâmetro com o novo comprimento, no exemplo o valor do cálculo é 66 milímetros e, em polegadas, o valor de 2,6in.

No aplicativo, apertando o botão menu no canto superior esquerdo, volta-se pra a tela inicial do aplicativo, para poder calcular o novo diâmetro, substituindo o “ L_t ” com o novo comprimento (582,6m), figura (38).

Figura 40 - Inserindo o novo Comprimento (esq.) e Resultado (Dir.), Moto G6.



Fonte: Autor, 2019.

Com o mesmo resultado apresentado no exemplo, provando assim o sucesso da funcionalidade no método Fialho.

3.1.2. Exemplo com o Método Macintyre

No exemplo do próprio método em sua metodologia, tem as seguintes especificações;

- Comprimento total (Lt): 200m
- Pressão manométrica: 8atm
- Temperatura: 35°C
- Máquinas operatrizes: 10
- Consumo das máquinas: 3m³

O exemplo diz que se as perdas aceitáveis por fugas representam 10% e as de atrito 0,15 atm, qual deverá ser o diâmetro do encanamento?

Calcula o volume total de ar livre por minuto, tem-se o valor de 32,4m³/mim, posteriormente, converte-se a pressão com o volume, obtendo o valor de 0,0675m³/s, termina-se o peso específico no valor de 10,310 com a temperatura a 35°C, o “ α ” é aproximadamente 0,00051. Com isso calcula-se o diâmetro a partir da equação (3.1), onde é a equação usada para calcular o diâmetro partir da equação de Worthington.

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,842 \cdot Lt \cdot Q^2}{R \cdot Hf}} \quad (3.1)$$

Onde no exemplo se substitui por:

$$Lt = 200m$$

$$Q = 32,4m^3/mim$$

$$R = (8 + 1)/1 = 9$$

$$Hf = 0,15 \text{ Kgf/cm}^2$$

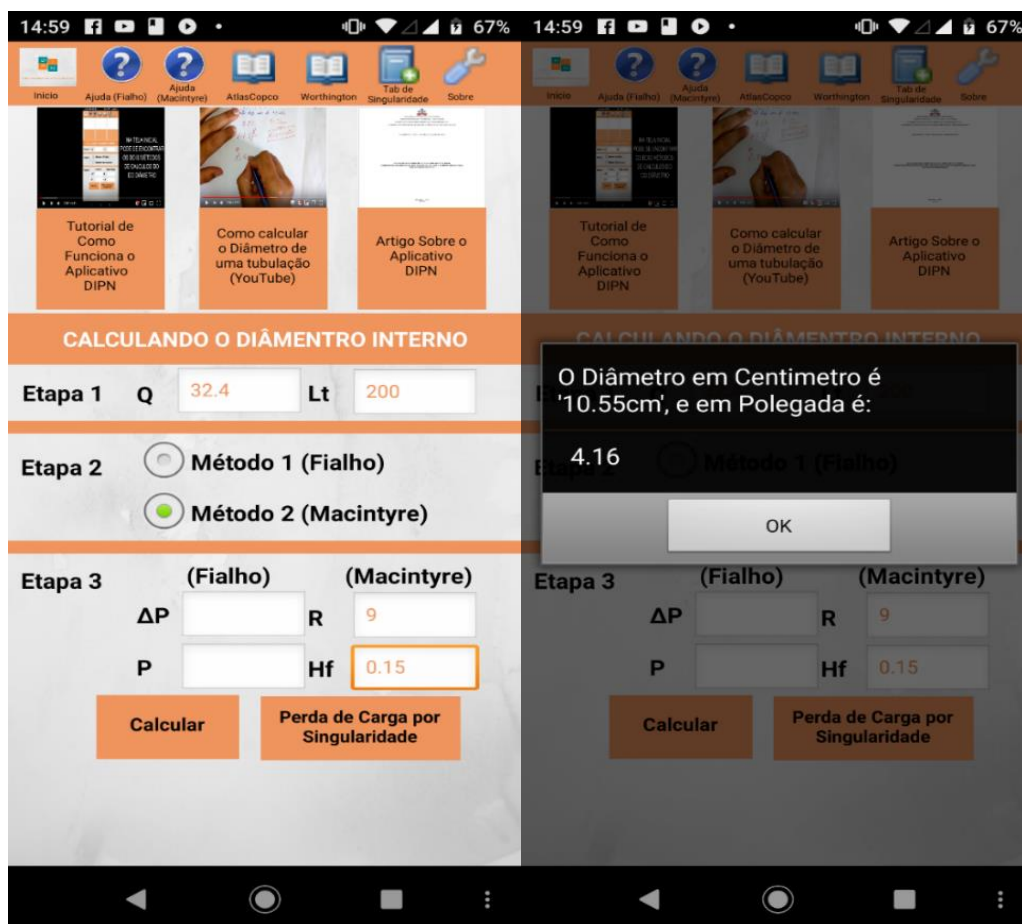
Resultando na equação (3.2):

$$d = \sqrt[5]{\frac{0,842 \cdot 200 \cdot 32,4^2}{9 \cdot 0,15}} = 10,55cm \quad (3.2)$$

O diâmetro encontrado no exemplo é de 10,55 cm, que convertendo para polegada tem-se o valor de aproximadamente 4in.

A seguir mostra-se resultado no aplicativo, com todas as variáveis necessárias já adicionadas nos campos específicos, figura (39).

Figura 41 - Inserindo as variáveis (esq.) e o Resultado (Dir.), Moto G6.



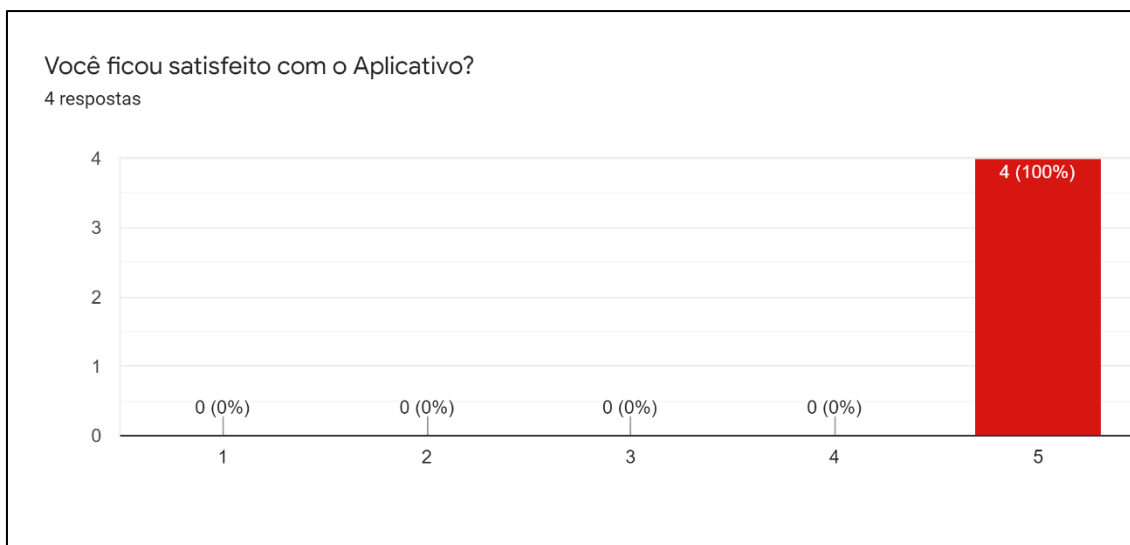
Fonte: Autor, 2019.

Lembrando que o método Macintyre, o valor do resultado é em centímetros e o aplicativo converte para polegada onde posteriormente, que no próprio aplicativo, pode ser utilizado pra calcular as perdas de carga por singularidade.

3.2. TESTE

Com o auxílio do Google Formulário, foram feitos testes com quatro alunos da turma de Ciência e Tecnologia (mecânica 2017), onde foram enviado para cada aluno três links: para baixar o APK, acessar o formulário para *feedback* e o um exemplo de um cálculo que poderia ser resolvido pelo aplicativo (em PDF). O Google Formulários gerou alguns gráficos, mostrados a seguir.

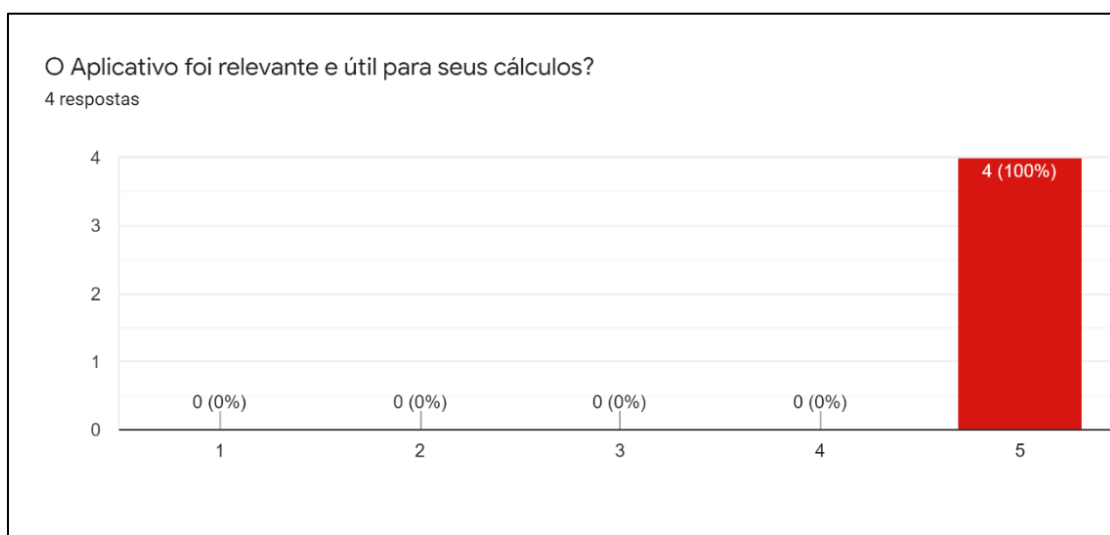
Figura 42 – Satisfação com o Aplicativo.



Fonte: Autor (Google Formulários).

O gráfico 3 mostra a satisfação dos alunos para com App como um todo, em um grau de 1 a 5, os quatro alunos marcaram o grau 5, resultando assim em 100%. O gráfico 4, mostrado abaixo, indica a utilidade e relevância dos cálculos para a pneumática.

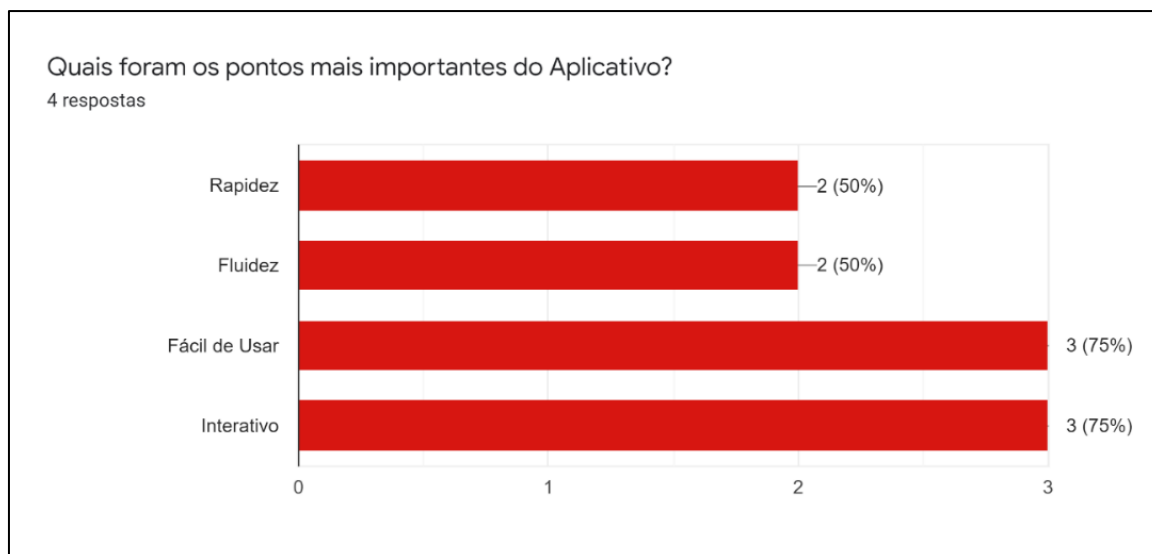
Figura 43 – Utilidade dos Cálculos.



Fonte: autor (Google Formulários).

Como indicado no gráfico 5, é apresentada os pontos (características) mais importante do aplicativo, rapidez, fluidez, fácil de usar, interativo em uma escala de 0 a 3.

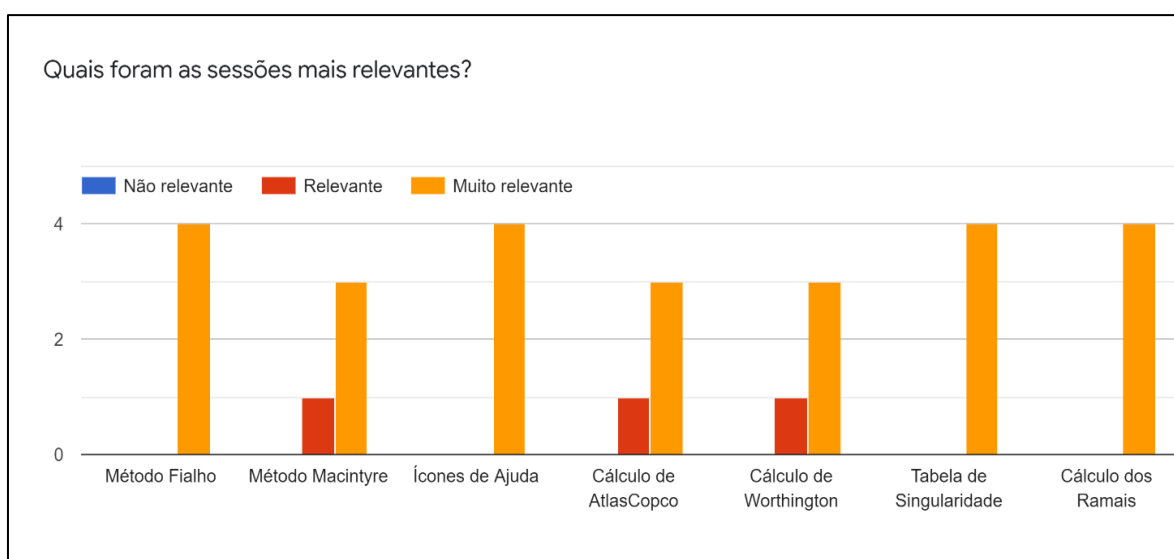
Figura 44 – Características do Aplicativo.



Fonte: Autor (Google Formulários).

Resultando em um bom desempenho das características do App, posteriormente no gráfico 6 é abordado a relevância das funções que o aplicativo proporciona para o usuário nas sessões método Fialho, método Macintyre, Ajuda, cálculo de Atlas Copco, cálculo de Worthington, tabela de singularidades e sobre, assim estabelecendo um grande agrado por parte dos alunos e o funcionamento do aplicativo.

Figura 45 – Relevância das Sessões do App.



Fonte: Autor (Google Formulários).

4. CONCLUSÃO

O trabalho, desde o projeto até a versão atual do aplicativo, teve várias pesquisas e estudos na questão dos métodos, da IDE, do *layout*, dos *designs*, das funcionalidades e da utilidade que o aplicativo pode oferecer ao usuário. Tendo base nas pesquisas e através do estudo realizado, é possível observar que com a crescente utilização e a facilidade crescente dos alunos em obter acesso à Internet e a crescente utilização de dispositivos móveis, grande parte com a plataforma Android, fica eminente a demanda de aplicativos capazes de fazer uma integração entre o ambiente de aprendizagem e o dispositivo móvel, para fornecer ao estudante (e um profissional) a possibilidade de desenvolver o seu conhecimento e agilizar seus cálculos de qualquer localização, seja em instituições educacionais ou industriais.

O correto dimensionamento de uma fonte de geração e uma rede industrial de distribuição de ar comprimido exige conhecimentos técnicos e experiência do profissional, sendo imprescindível a melhor forma para executá-las. O aplicativo DIPN foi projetado e desenvolvido para pôr em prática a execução de dois dos métodos mais usados para o dimensionamento de tubulações pneumáticas, facilitando os seus cálculos pois em seu resultado, pode-se notar que foi comprovado que o aplicativo faz os cálculos exatos e rápido.

A princípio o aplicativo tinha as duas funcionalidades, método Fialho e Macintyre e os auxiliares, Atlas Copco e Worthington, mas posteriormente foi adicionada a função de perda de carga por singularidade, deixando assim o App mais completo, já que quando o usuário calcula, em um dos métodos, é mostrado o resultado e em seguida é redirecionado para calcular as perdas de cargas para ter o diâmetro e o comprimento da tubulação tanto no ramal primário quanto no secundário.

Pois, como especificado na resolução cne/ces 11, de 11 de março de 2002, no art. 3 e 4 do conselho nacional de educação, diz que Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. Ondes um dos objetivos é adquirir competência e habilidades como aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; planejar, supervisionar, elaborar projetos e serviços de engenharia, pois o trabalho obedece a mesma linha de pensamento.

4.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ainda serão realizadas alterações no aplicativo para complementar a sua variedade de funções, como: outros métodos (de dimensionamento), escolha do compressor, calcular o volume do reservatório, cálculos com atuadores e outras aplicações da diversidade pneumática, podendo até ser desenvolvido uma versão para iOS e computadores.

REFERÊNCIAS

ANDROID STUDIO, Guia de Usuário. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro>>. Acesso em: 10/05/2019.

ANENBAUM, Andrew S. Sistemas operacionais modernos. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2009.

APPLEINC, iOS 2011. Disponível em: <AppleInc.com>. Acesso em: 28/11/2019.

BASIC - A Manual for BASIC, the elementary algebraic language designed for use with the Dartmouth Time Sharing System (PDF) (em inglês). Dartmouth College. Consultado em: 25/03/2019.

BASIC4BRASIL. Tutorial de instalação do Basic4android. Disponível em: <<https://basic4brasil.com.br/b4a.php>>. Acesso em: 15/09/2018.

BRIDGWATER, Adrian (2011-02-16). "Anywhere Software lança o Basic4android | Dr Dobb's. Disponível em: <Drdobbs.com>. Acesso em: 25/03/2019.

CALMON, Andrea. Construa o seu aplicativo Android - IBC. Online Editora, São Paulo, 2014.

CORADI, F. E. Análise energética e econômica na rede de distribuição de ar de uma indústria de autopeças. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2011.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. 2001.

FIALHO, Arivelto Bustamante. Automação Pneumática - Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 2 ed. São Paulo: Érica, 2004.

FIALHO, A. B. Automação pneumática: Projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 7. ed. São Paulo: Érica, 2011.

GARTNER. 99.1% of smartphones sold are Android or iPhone. Disponível em:
< <https://www.gartner.com/en/newsroom>>. Acesso em: 09/05/2019.

GSMA, The Mobile Economy 2019. Disponível em:
< <https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/>>. Acesso em 28/11/019.

HASEBRINK, J.P, "Manual de Pneumática - Fundamentos", Vol.1 Parte 1, Rexroth - Divisão Pneumática, Diadema, SP, Brasil, 1990.

IDC. Smartphone OS Market Share, 2015 Q2. 2015. Disponível em:
<<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>>. Acesso em: 07/05/2019.

IEL/SENAI. Inova Engenharia: propostas para inovação da educação em engenharia no Brasil. Brasília, 103p. 2006.

JESUS, C. S. A. de. Otimização energética em uma unidade industrial – O caso da Cerutil. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica / Energia e Automação Industrial) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, 2012.

JÚNIOR, Helcio Alves Barbosa, Metodologias Ágeis Para Desenvolvimento De Aplicações Móveis - Revista Pensar Tecnologia, v.4, n.2, jul. 2015 (PDF). Disponível em:
< http://revistapensar.com.br/tecnologia/pasta_upload/artigos/a123.pdf>. Acesso em: 28/11/2019.

KEMENY, John G.; Kurtz, Thomas E. (1985). Back To BASIC: The History, Corruption, and Future of the Language. [S.l.]: Addison-Wesley.

LECHETA, Ricardo R. Google Android - Aprenda A Criar Aplicações. Para Dispositivos Móveis Com O Android SDK. Novatec Editora, 2009.

MACINTYRE, Archibald Joseph Equipamentos industriais e de processo / Archibald Joseph Macintyre. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MICROSOFT, Microsoft .NET Framework 4, Instalador da Web. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/download/details.aspx?id=17851>>. Acesso em: 10/05/2019.

ORACLE, Java SE, JDK. Disponível em: <<https://www.oracle.com/technetwork/pt/java/javase/downloads/index.html>>. Acesso em: 10/05/2019.

PARKER TRAINING. Dimensionamento de redes de ar comprimido. Jacareí, 2006. Apostila M1004 BR.

PATRICK NAUGHTON, Dominando o Java, Guia Autorizado da Sun Microsystems, Editora Makron Books, Osborne, 1997.

PEREIRA, Lucio Camilo Oliva; DA SILVA, Michel Lourenço. Android para desenvolvedores. Brasport, 2009.

ROMA, Woodrow Nelson Lopes. Fenômenos de Transporte para Engenharia. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2006.


SILVA, E. C. N. PMR2481 – Sistemas Fluidomecânicos. Apostila Pneumática. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2002.


ANEXOS


Anexo A.3 - Norma ASTM A 120 Schedule 40 (FIALHO, 2004, Tabela A5, pa. 287).


Diâmetro				Espessura de Parede		Peso Teórico do Tubo Preto		Pressão de Ensaio
Nominal	Externo		Interno			Pontas Lisas	Com Roscas e Luvas ¹⁷	
in	in	mm	mm	in	mm	Kg/m	Kg/m	Kgf/cm ²
1/4	0,540	13,7	9,2	0,088	2,24	0,63	0,66	50
3/8	0,675	17,2	12,6	0,091	2,31	0,85	0,88	50
1/2	0,840	21,3	15,8	0,109	2,77	1,27	1,29	50
3/4	1,050	26,7	21,0	0,113	2,87	1,68	1,72	50

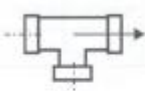
Anexo A.3.1 - Comprimento de Tubo Equivalente à Perda de Carga por Singularidades - [m] (FIALHO, 2004, Tabela A6, pa. 290 a 292).

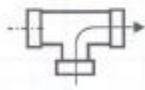
Conexões	Diâmetro Nominal (in)							
	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 90° Cotovelo comum	ROSQ.	1,1	1,34	1,58	2	2,25	2,6	2,8
	FLAN.	0,30	0,37	0,50	0,62	0,73	0,95	1,1
	Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	3,4	3,7	4,0	-	-	-	-
	FLAN.	1,3	1,55	1,8	2,2	2,7	3,7	4,3


Conexão	Diâmetro Nominal (in)							
	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Curva 90° raio longo	ROSQ.	0,67	0,70	0,83	0,98	1,0	1,1	1,1
	FLAN.	0,33	0,40	0,49	0,61	0,70	0,83	0,88
	Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	1,2	1,3	1,4	-	-	-	-
	FLAN.	1,0	1,15	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4


Conexão	Diâmetro Nominal (in)							
	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Curva 45°	ROSQ.	0,21	0,28	0,39	0,52	0,64	0,83	0,97
	FLAN.	0,14	0,18	0,25	0,34	0,40	0,52	0,61
	Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	1,2	1,45	1,7	-	-	-	-
	FLAN.	0,8	0,95	1,1	1,4	1,7	2,3	2,7


Conexão	Diâmetro Nominal (in)							
	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Curva 180° raio longo	ROSQ.	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	2,8
	FLAN.	0,34	0,40	0,49	0,61	0,70	0,83	0,88
	Diâmetro Nominal (in)							
		3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	3,4	3,7	4,0	-	-	-	-
	FLAN.	1,00	1,15	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4


Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Tê fluxo em linha	ROSQ.	0,52	0,73	0,99	1,4	1,7	2,3	2,8	
	FLAN.	0,21	0,25	0,30	0,4	0,45	0,55	0,58	
	Diâmetro Nominal (in)								
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	3,7	4,45	5,2	-	-	-	-	
	FLAN.	0,67	0,74	0,85	1,0	1,2	1,4	1,6	


Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Tê fluxo pelo ramal	ROSQ.	1,3	1,6	2,0	2,7	3,0	3,7	3,9	
	FLAN.	0,61	0,80	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	
	Diâmetro Nominal (in)								
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	5,2	5,8	6,4	-	-	-	-	
	FLAN.	2,9	3,3	3,7	4,6	5,5	7,3	9,1	

Conexão		Diâmetro Nominal (in) ¹							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula gaveta	ROSQ.	0,17	0,20	0,25	0,34	0,37	0,46	0,52	
	FLAN.	-	-	-	-	-	0,80	0,83	
	Diâmetro Nominal (in)								
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	0,58	0,67	0,76	-	-	-	-	
	FLAN.	0,85	0,86	0,88	0,95	0,98	0,98	0,98	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula globo	ROSQ.	6,7	7,3	8,8	11,3	12,8	16,5	18,9	
	FLAN.	11,6	12,2	13,7	16,5	18,0	21,4	23,5	
	Diâmetro Nominal (in)								
			3	3.1/2	4	5	6	8	10
	ROSQ.	24,0	27,25	33,5	-	-	-	-	
	FLAN.	28,7	32,65	36,6	45,7	47,9	49,3	94,5	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula angular	ROSQ.	4,6	4,6	5,2	5,5	5,5	5,55	5,55	
	FLAN.	4,6	4,6	5,2	5,5	5,5	6,4	6,7	
	Diâmetro Nominal (in)								
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	5,55	5,55	5,55	-	-	-	-	
	FLAN.	8,5	10,05	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 Válvula Retenção Portinhola	ROSQ.	2,4	2,7	3,4	4,0	4,6	5,8	6,7	
	FLAN.	1,2	1,6	2,2	3,0	3,7	5,2	6,4	
	Diâmetro Nominal (in)								
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	8,2	9,7	11,6	-	-	-	-	
	FLAN.	8,3	9,6	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6	

Conexão		Diâmetro Nominal (in)							
		1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	2	2.1/2	
 União FiltroY	ROSQ.	0,07	0,07	0,08	0,11	0,12	0,14	0,14	
	FLAN.	1,5	2,0	2,3	5,5	8,1	8,3	8,8	
	Diâmetro Nominal (in)								
		3	3.1/2	4	5	6	8	10	
	ROSQ.	0,16	0,175	0,19	-	-	-	-	
	FLAN.	10,4	11,6	12,8	16,2	18,6	-	-	

Anexo A.3.2 – Valores do peso específico do Ar (MACINTYRE, 2011, Tabela 3.10, pa. 128).

Temperaturas efetivas	Pressões em kgf/cm ²																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0°	1,293	1,940	2,586	3,233	3,879	4,526	5,172	5,819	6,466	7,112	7,758	8,405	9,051	9,698	10,344	10,991	11,637	12,284	12,930	13,577	14,223
5°	1,270	1,905	2,539	3,175	3,809	4,445	5,079	5,714	6,349	6,984	7,618	8,254	8,888	9,523	10,158	10,793	11,428	12,063	12,697	13,333	13,967
10°	1,247	1,870	2,493	3,117	3,739	4,363	4,986	5,610	6,232	6,856	7,479	8,102	8,725	9,349	9,972	10,595	11,218	11,842	12,465	13,088	13,711
15°	1,224	1,839	2,449	3,062	3,673	4,286	4,898	5,511	6,122	6,735	7,349	7,960	8,571	9,183	9,796	10,408	11,020	11,632	12,245	12,857	13,469
20°	1,204	1,806	2,408	3,010	3,611	4,214	4,815	5,417	6,019	6,621	7,223	7,825	8,426	9,029	9,630	10,233	10,834	11,436	12,038	12,640	13,242
25°	1,184	1,777	2,369	2,961	3,553	4,146	4,738	5,329	5,922	6,515	7,106	7,699	8,291	8,883	9,475	10,068	10,659	11,252	11,844	12,437	13,028
30°	1,164	1,746	2,327	2,910	3,491	4,073	4,655	5,237	5,819	6,401	6,982	7,565	8,146	8,728	9,310	9,892	10,473	11,056	11,637	12,219	12,801
35°	1,146	1,719	2,291	2,864	3,437	4,010	4,582	5,156	5,728	6,301	6,874	7,447	8,019	8,592	9,165	9,738	10,310	10,884	11,456	12,029	12,602
40°	1,127	1,693	2,255	2,819	3,382	3,947	4,510	5,074	5,637	6,200	6,765	7,329	7,892	8,457	9,020	9,584	10,147	10,712	11,275	11,839	12,402
45°	1,109	1,665	2,219	2,774	3,328	3,883	4,438	4,993	5,547	6,102	6,656	7,211	7,766	8,321	8,875	9,430	9,985	10,540	11,094	11,649	12,203
50°	1,093	1,639	2,185	2,732	3,278	3,824	4,370	4,917	5,463	6,010	6,556	7,102	7,648	8,195	8,741	9,287	9,833	10,380	10,926	11,473	12,018

Anexo A.3.3 – Comprimento equivalente correspondente a conexões, válvulas e acessórios, em metros de tubo de aço retilíneo (MACINTYRE, 2011, Tabela 3.11, pa. 131).

Peça		Diâmetro nominal												
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
90°Cotovelo comum	Rosq.	1,1	1,34	1,58	2,0	2,25	2,6	2,8	3,4	4,0	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,95	1,1	1,3	1,8	2,2	2,7	3,7	4,3
90°Curva raio longo	Rosq.	0,67	0,70	0,83	0,98	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,83	0,88	1,0	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4
Curva 45°	Rosq.	0,21	0,28	0,39	0,52	0,64	0,83	0,97	1,2	1,7	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,52	0,61	0,80	1,1	1,4	1,7	2,3	2,7
Tê Passagem direta	Rosq.	0,52	0,73	0,99	1,4	1,7	2,3	2,8	3,7	5,2	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,55	0,58	0,67	0,85	1,0	1,2	1,4	1,6
Tê Derivação	Rosq.	1,3	1,6	2,0	2,7	3,0	3,7	3,9	5,2	6,4	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	2,0	2,3	2,9	3,7	4,6	5,5	7,3	9,1
Curva 180° raio longo	Rosq.	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	2,8	3,4	4,0	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,83	0,88	1,00	1,3	1,5	1,7	2,1	2,4
Válvula globo aberta	Rosq.	6,7	7,3	8,8	11,3	12,8	16,5	18,9	24,0	33,5	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	21,4	23,5	28,7	36,6	45,7	47,9	79,3	94,5
Válvula gaveta	Rosq.	0,17	0,20	0,25	0,34	0,37	0,46	0,52	0,58	0,76	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	0,80	0,83	0,85	0,88	0,95	0,98	0,98	0,98
Válvula angular	Rosq.	1,6	4,6	5,2	5,5	5,5	5,55	5,55	5,55	5,55	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	6,4	6,7	8,5	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6
Válvula retenção portinhola	Rosq.	2,4	2,7	3,4	4,0	4,6	5,8	6,7	8,2	11,6	—	—	—	—
	Flan.	—	—	—	—	—	5,2	6,4	8,3	11,6	15,2	19,2	27,4	36,6
União	Rosq.	0,07	0,07	0,08	0,11	0,12	0,14	0,14	0,16	0,19	—	—	—	—
Filtro Y	Rosq.	1,5	2,0	2,3	5,5	8,1	8,3	8,8	10,4	12,8	16,2	18,6	—	—
Válvula de diafragma	Rosq.	—	—	1,2	—	2,0	3,0	—	4,5	6,0	8,0	10,0	—	—
Redução	Rosq.	—	—	0,5	—	0,7	1,0	—	2,0	2,5	3,5	4,0	—	—