



**CAMILA TUANE SOUZA PEREIRA  
JÚLIA GIL BERALDES**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE  
SEGURANÇA PARA OS USUÁRIOS DO LABORATÓRIO DE  
ANÁLISE DE ALIMENTOS DA UFLA**

**LAVRAS - MG  
2019**

**CAMILA TUANE SOUZA PEREIRA  
JÚLIA GIL BERALDES**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE SEGURANÇA PARA OS  
USUÁRIOS DO LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ALIMENTOS DA UFLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia de  
Controle e Automação, para a obtenção do  
título de Bacharel.

Prof. Roney Alves da Rocha  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

**CAMILA TUANE SOUZA PEREIRA  
JULIA GIL BERALDES**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO DE SEGURANÇA PARA OS  
USUÁRIOS DO LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ALIMENTOS DA UFLA**

**PROPOSAL FOR AN AUTOMATED SAFETY SYSTEM FOR THE USERS OF THE  
FOOD ANALYSIS LABORATORY OF UFLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia de  
Controle e Automação, para a obtenção do  
título de Bacharel.

APROVADA em: 13 de junho de 2019.

Prof<sup>ª</sup> Dra. Zuy Maria Magriotis UFLA  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Adelir Aparecida Saczk UFLA  
Prof. Dr. Wilian Soares Lacerda UFLA

Prof. Roney Alves da Rocha  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

*Dedico à minha mãe Débora por ser uma família completa em um coração só.*

*Camila.*

*Dedico aos meus pais e minha avó que são responsáveis por todos meus sonhos.*

*Julia.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Claudinei e Débora, onde no meu pai encontrei minha vocação e gosto por trabalhar com o que eu gosto, e minha mãe por uma apoiar sempre a outra.

Ao meu namorado Thompson por ser antes de tudo, meu amigo, que esteve do meu lado sempre que eu achava que não iria conseguir.

À monitoria por ter permitido transmitir meus aprendizados ao próximo.

À Equipe de Cheerleading Máfia X, onde superei desafios e encontrei mafiosos que sentirei falta para sempre, sendo uma válvula de escape na graduação.

À Repunzel que era meu abrigo, minha segunda casa, onde ganhei uma família para a vida.

Camila.

Agradeço aos meus pais por terem sempre confiado e acreditado em mim e por serem exemplos de coragem, vitória e superação, ao meu irmão que mesmo mais novo sempre me ensinou foco e resiliência, a minha avó por ser parte do que sou hoje e sempre me inspirar a ser alguém melhor, as minhas tias e meus primos por me ensinarem a ser forte.

À República Amazona por serem além de família, apoio nos momentos difíceis e companhia nos momentos felizes, por terem compartilhado dias, noites, desabafos, conquistas e muito café.

Julia.

Agradecemos ao universo por sempre nos dar aquilo que acreditamos que merecemos.

À Universidade Federal de Lavras por todas as oportunidades concedidas.

Ao Departamento de Automática, que ofereceu a nós toda a infraestrutura necessária para nos formarmos grandes profissionais.

Ao professor Roney Alves da Rocha, por ser sempre o nosso norte, desde o primeiro dia.

A todos os técnicos e funcionários do Departamento de Automática e de toda a Universidade Federal de Lavras.

Aos nossos amigos do Centro Acadêmico de Engenharia de Controle e Automação, onde encontramos amigos para a vida, passando noites em claro estudando, porque se tem uma coisa que gostávamos era de emoção.

À Atlética Xarada, onde pudemos descobrir o que era trabalhar por amor, vendo crescer e ser a maior da UFLA.

E por fim, agradecemos por uma ter aparecido na vida da outra, companheiras de aula, trabalhos, atlética, centro acadêmico e para o resto da vida.

*“Que nada nos limite. Que nada nos defina. Que nada nos sujeite. Que a liberdade seja a nossa própria substância.” (Simone de Beauvoir)*

## RESUMO

O presente trabalho consiste na proposta de um sistema de segurança automatizado responsável por detectar e alertar os usuários a fim de evitar possíveis acidentes no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Alimentos da UFLA. Este laboratório sofreu um acidente recentemente, o que ocasionou riscos à segurança das pessoas que ali circulam e trabalham, o que levantou a questão da necessidade de uma melhoria na segurança dos ambientes de pesquisa e estudo. Foi estudado a planta do laboratório, seu layout e as atividades desenvolvidas pelos usuários que ali frequentam. Foi feita uma análise por meio de um mapa de riscos que os identificou, classificando-os de acordo com o nível de gravidade, e assim, tornando possível a escolha e implementação de sensores adequados para o ambiente, dentre eles sensores de gás, temperatura e de chama, para detecção de anomalias, como temperatura elevada, presença de fontes de calor e vapores tóxicos no ar, alertando ao usuário do laboratório sobre o risco de acidentes e trazendo maior segurança na realização de suas atividades. O projeto traz inúmeros benefícios, entre eles, o de maior produtividade dos estudantes e servidores do laboratório, visto que uma maior segurança pode trazer maior confiança no desenvolvimento de pesquisas, além de benefícios financeiros, visto que após acidentes os danos causados podem levar a gastos extremos, como a recompra de ferramentas, produtos, e até a necessidade de reforma do ambiente. Além dos benefícios citados a partir da maior segurança, a uso da licença utilizada no Software Power BI proposto para acompanhamento dos dados coletados no ambiente, servirá também para diversas outras atividades na universidade, como até o acompanhamento de dados das pesquisas. Espera-se que o trabalho siga como uma diretiva ou indicação da possibilidade de implantar dispositivos de segurança em outros laboratórios da UFLA, gerando aumento na segurança dos usuários. De acordo com o projeto concebido a fim de demonstrar o funcionamento real do sistema, instalamos sensores de temperatura e de chama no local, que funcionaram de forma adequada, captando a temperatura em tempo real do ambiente, e a presença de chama quando testados. Assim que temperaturas acima do limite determinado ou a presença de chama foram detectadas, o sistema emitiu um alarme visual e um sonoro ao usuário presente no laboratório, bem como uma notificação pelo aplicativo do software Power BI instalado no celular. Tais alarmes e notificações se mostram satisfatórios na prevenção de maiores acidentes, visto que assim que os riscos são detectados, as medidas cabíveis podem ser tomadas.

**Palavras-chave:** Detecção. Acidentes. Alerta. Sensores. Mapa de Risco.

## **ABSTRACT**

The main purpose of this paper is create an automated system to detect and alert users to avoid possible accidents at Analysis Food's Laboratory on Food department in UFLA. Recently, a student had had your safety on risk when an accident happened on the laboratory. This raised the need for security improvement on the place. It was made a risk assessment related to the executed activities on the laboratory, classifying them by the severity level, which allowed the choice of the correct sensors to detect an unusual environment behavior alerting the users about the accidents risks, which improves the safety of the executed activities. The project brings many benefits including the raising of students and employee's productivity, since increasing the security could create more confidence in the developing researchers, beyond the financial benefit, once an accident results in unexpected spending as the buying new tools, products, and even the need of an environment reform. Not only the previously benefits are considered, it also purpose the using of a license of a software - Power BI - which enables tracking data, whose collected from lab, and it will also allow the use in others departments in the University. In this paper is expected a possibility indication to install security devices in another labs in UFLA, improving the security of the employers. According to the project designed to demonstrate the actual operation of the system, we installed local temperature and flame sensors, which worked properly, capturing the real-time temperature of the environment, and the presence of flame when tested. As soon as temperatures above the programmed limit or flame presence were detect, the system issued a visual and audible alarm to the user present in the lab, as well as notification by the Power BI application installed on the smartphone. Such alarms and notifications prove to be satisfactory in preventing major accidents, since as soon as risks are detect, appropriate measures can be token.

**Keywords:** Detection. Incidents. Alert. Sensors. Risk Map.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Vista da entrada do laboratório onde localizam-se as capelas de exaustão de gases com saída de ar para o ambiente externo e no compartimento à esquerda, são feitas as análises de gordura das amostras .....	18
Figura 2 –	Fotografia do Laboratório onde existe uma janela com abertura para passagem de produtos entre as salas, e a pia para lavagem das vidrarias e equipamentos .....	19
Figura 3 –	Fotografia que mostra detalhe da única porta de entrada e saída do Laboratório de Análise de Alimentos .....	20
Figura 4 –	Fotografia do Laboratório com vista de dentro da bancada fechada por vidro, local onde as análises são realizadas .....	21
Figura 5 –	Planta do laboratório feita com o Software Autocad 2008 versão acadêmica .....	22
Figura 6 –	Mapa de Risco contendo os tipos de riscos encontrados no laboratório, classificados por tamanho e cor, de acordo com a classificação do perigo .....	24
Figura 7 –	Legenda de cores e tamanhos dos detalhes do Mapa de Risco, de acordo com o grupo de risco classificado no local .....	24
Figura 8 –	Planta de Instrumentação do sistema proposto, contendo a localização recomendada e os tipos de instrumentos escolhidos .....	28
Figura 9 –	Diagrama Elétrico com o sistema automatizado proposto, contendo os instrumentos recomendados e suas respectivas ligações .....	33
Figura 10 –	Ligações dos sensores utilizados de acordo com os datasheets .....	34
Figura 11 –	Planilha do Excel contendo a coleta de dados e exibição de alarme para temperatura acima do limite determinado .....	37
Figura 12 –	Planilha do Excel contendo a coleta de dados e exibição de alarme para chama quando na presença de uma fonte de calor .....	38
Figura 13 –	Relatório exibido no computador a partir da aplicação do software PowerBI com os valores coletados dos sensores e seus respectivos indicadores .....	39
Figura 14 –	Relatório exibido no celular a partir da aplicação do software PowerBI com os valores coletados dos sensores e seus respectivos indicadores .....	39
Figura 15 –	Placa do microcomputador Raspberry PI 3.0 .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos materiais utilizados no desenvolvimento do projeto e suas respectivas funções .....	27
Tabela 2 – Instrumentação do sistema projetado e suas respectivas funções .....	31
Tabela 3 – Lista de equipamentos utilizados no primeiro cenário econômico para a construção do sistema de controle automatizado de laboratório. Valores cotados em 20/Junho/2019 .....	41
Tabela 4 – Lista de equipamentos utilizados no segundo cenário econômico para a construção do sistema de controle automatizado de laboratório. Valores cotados em 20/Junho/2019 .....	42
Tabela 5 – Análise de viabilidade econômica com base no Valor Presente Líquido das duas alternativas consideradas no projeto: Arduino MEGA vs. Raspberry PI 3.0. Valores estimados em 20/06/2019 .....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DCA	Departamento de Ciência dos Alimentos
DNSST	Departamento Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IDE	Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado
LCD	Liquid Crystal Display ou Display de Cristal Líquido
LED	Light Emitting Diodo ou Diodo Emissor de Luz
nm	Nanometros
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO	Óxido Nítrico
NR	Norma Regulamentadora
°C	Graus Celsius
PCI	Placa de Circuito Impresso
R\$	Reais
SST	Saúde e Segurança do Trabalhador
UFLA	Universidade Federal de Lavras

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Identificação das operações que geram riscos para o trabalhador em laboratórios químicos</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Legislação sobre segurança em laboratórios</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Avaliação preliminar e coleta de dados na planta do laboratório de análise de alimentos</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Mapa de risco</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Equipamentos aplicados à segurança do trabalhador em laboratórios</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Material utilizado para coleta de dados para elaboração das alternativas</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Planta de instrumentação para segurança dos usuários do laboratório</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>28</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Instrumentação escolhida e finalidades</b>	<b>28</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Diagrama elétrico da alternativa 1</b>	<b>32</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Programação do sistema com a IDE Arduino</b>	<b>33</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Comunicação de dados entre o Arduino e as interfaces ao usuário</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>40</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Instrumentação escolhida e finalidades</b>	<b>40</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Diagrama elétrico da alternativa 2</b>	<b>40</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Programação do sistema com Raspbian</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Tabela de custos para Investimento Inicial Alternativa 1</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Tabela de custos para Investimento Inicial Alternativa 2</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Benefícios da Alternativa 1</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Benefícios da Alternativa 2</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA</b>	<b>44</b>
<b>6.1</b>	<b>Horizonte de planejamento e taxa de juros</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Fluxo de caixa da Alternativa 1</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1.1</b>	<b>Valor presente (PV) de todos os itens listados na Tabela 3 (Alternativa 1)</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1.2</b>	<b>Valor presente (PV) de montagem e instalação dos equipamentos</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1.3</b>	<b>Valor presente (PV) de manutenção dos equipamentos</b>	<b>44</b>
<b>6.1.1.4</b>	<b>Valor presente (PV) dos custos de substituição dos sensores a cada ano</b>	<b>45</b>

6.1.1.5	Valor presente (PV) do valor residual dos equipamentos após 5 anos de utilização .....	45
6.1.2	Fluxo de caixa da Alternativa 2 .....	46
6.1.2.1	Valor presente (PV) de todos os itens listados na Tabela 4 (Alternativa 2) .....	46
6.1.2.2	Valor presente (PV) de montagem e instalação dos equipamentos .....	46
6.1.2.3	Valor presente (PV) de manutenção dos equipamentos .....	46
6.1.2.4	Valor presente (PV) dos custos de substituição dos sensores a cada ano .....	46
6.1.2.5	Valor presente (PV) do valor residual dos equipamentos após 5 anos de utilização .....	47
6.2	Cálculo VPL .....	47
6.3	Recomendação da melhor alternativa .....	47
7	CONCLUSÕES GERAIS .....	49
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

Na Universidade Federal de Lavras existem diversos laboratórios voltados para a produção de conhecimento, por meio de estudantes, usuários e técnicos. A UFLA trabalha com pesquisa, ensino, extensão e com diversos laboratórios, seja químico ou biológico. Esses ambientes podem sofrer riscos associados com as atividades desenvolvidas no âmbito laboratorial e com a consciência tomada por cada usuário que utiliza o ambiente, parando e pensando antes de executá-las. Frente a isso, observa-se a importância de se aplicar as normas de segurança a um laboratório como o da UFLA, visando a proteção de todos os usuários bem como de seus equipamentos.

Com o grande avanço da tecnologia, diversos instrumentos foram criados e melhorados a fim de captar situações no ambiente. Existe uma vasta gama de fornecedores com catálogos que abrangem sensores capazes de detectar variáveis de pessoas e objetos, entre eles, temperatura, fumaça, substâncias químicas, presença, sons, entre tantos outros.

A junção adequada dos sensores certos e adaptados ao local e as pesquisas e análises feitas no ambiente de instalação, podem identificar a presença de resultados fora do padrão estabelecido, gerar alertas e até controle para reestabelecer um equilíbrio de forma a evitar acidentes ou a minimizar os danos causados pelos mesmos.

A segurança torna-se fundamental quando o assunto tratado são análises laboratoriais, visto que para exercer tais atividades, são englobados diversos setores da Universidade: social, econômico e acadêmico. Assim sendo, evitar acidentes no ambiente laboratorial e garantir a segurança dos usuários por meios de equipamentos e técnicas de prevenção, torna-se essencial.

A partir da criação de um mapa de risco do local, identificam-se os fatores que poderiam causar acidentes, e a partir deles uma combinação de sensores, que, instalados de forma correta, poderão detectar dados do ambiente, como temperatura, presença de gases e substâncias, fumaça, entre outros. Tais dados serão coletados com atualizações parciais pelo técnico do laboratório e a quem mais interessar, que poderão acompanhar as informações geradas e receberão alertas caso algum valor de dado saia fora do padrão estipulado.

Nessa percepção, visando a redução de riscos que um ambiente laboratorial pode trazer, um sistema capaz de detectar anomalias como alterações na qualidade do ar, presença de fontes de calor e temperaturas elevadas, parâmetros utilizados para alertar os servidores sobre anomalias viria de encontro a complementar de forma satisfatória as normas já existentes,

gerando uma segurança maior e assim auxiliando a busca dos resultados procurados em suas pesquisas e análises.

Acidentes desde os de pequeno porte, além de causar riscos e danos à saúde dos usuários, trazem também prejuízo no trabalho desenvolvido, interrompendo pesquisas e comprometendo futuros resultados.

Diante do cenário descrito, não só para o Departamento de Ciência dos Alimentos como para grande maioria dos laboratórios da Universidade, esta proposta de segurança pode agregar inúmeros benefícios, visto que o valor de implementação da proposta é economicamente viável. Além disso, evitando prejuízos com acidentes, traria até certa economia aos laboratórios e facilitaria a coleta de dados do ambiente, caso seja de interesse das pesquisas.

## 2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

### 2.1 Identificação das operações que geram riscos para o trabalhador em laboratórios químicos

Segundo Vieira, Santos e Martins (2008), o risco pode ser gerado de um efeito adverso ou dano, e que sua ocorrência é incerta. O autor também define a vulnerabilidade como a avaliação das informações disponíveis, da qualidade dessas informações, e da utilização dos recursos disponíveis para tomada de decisões e de comportamento, a fim de evitar situações inesperadas e principalmente de lidar com elas de forma a minimizar os prejuízos.

É certo que quando pensamos em segurança de laboratório estamos fadados ao erro, visto que tendemos a nos atentar aos riscos por contaminação e esquecemos os diversos outros fatores que podem prejudicar a saúde dos usuários.

Segundo a Portaria nº 5 de 18/08/1992 do Departamento Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador (DNSST) os riscos existentes podem ser divididos em 5 grupos principais, que auxilia na identificação e controle, tornando possível a criação de medidas que tragam maior segurança e benefícios para a saúde dos discentes ou estudantes e funcionários dos laboratórios.

Os cinco grupos podem ser divididos em:

- **Risco de acidentes:** os acidentes geralmente causados por equipamentos sem manutenção e mal manipulados, por produtos armazenados de forma inadequada, entre outros riscos que possam infringir a integridade e o bem-estar físico e moral das pessoas que utilizam o ambiente de trabalho.
- **Riscos ergonômicos:** são os riscos à saúde causados por má conduta e treinamento nas atividades físicas ou causados pela projeção errada do espaço físico do ambiente, como cadeiras em locais inadequados, movimentos repetitivos, necessidade de levantamento de peso em excesso, entre outros.
- **Riscos físicos:** na maioria das vezes causados por equipamentos e máquinas sem balanceamento adequado, muitas vezes gerando temperaturas extremas, ruídos e vibrações anormais, entre outros.
- **Riscos químicos:** diretamente relacionados à exposição de substâncias químicas e agentes em forma líquida ou gasosa presentes no ambiente de trabalho, tais substâncias podem ser dissipadas pelos processos de trabalho ou por mal armazenamento, e podem ainda, penetrar no organismo através das vias respiratórias, por ingestão ou por contatos a pele.

- **Riscos biológicos:** relacionados a bactérias, vírus e microrganismos que podem causar doenças e contaminações, também presentes no ambiente ou até mesmo pela natureza da matéria de pesquisa e estudo.

## 2.2 Legislação sobre segurança em laboratórios

Realizando pesquisas, é comum encontrar manuais de segurança em laboratórios. No entanto, tais manuais são voltados principalmente a normas de boa conduta dentro de laboratórios e ao uso dos principais EPI's ou equipamentos individuais de proteção e EPC's ou equipamentos de proteção coletiva. Dificilmente algum manual cita algum método de prevenção que não dependa somente da atenção e da atividade humana.

A legislação da SST - Saúde e Segurança do Trabalhador é composta por 32 Normas Regulamentadoras que dispõem sobre as competências e obrigações de empregado e empregador sobre formas de evitar acidentes e medidas cabíveis caso aconteçam.

Segundo a NR1-1.7 cabe ao empregador, entre outras competências, a de cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentadora sobre segurança e medicina do trabalho, além de elaborar as ordens de serviço sobre os mesmos e comunicar os servidores de alguma forma, seja por meio de comunicados fixados no ambiente ou por meio eletrônico. Cabe também ao empregador, tanto de instituições privadas quanto públicas o dever de informar os riscos que possam ocorrer no ambiente de trabalho e os meios a fim de prevenir, e limitar acidentes causados pelos mesmos.

Ainda sobre as normas regulamentadoras a NR-3 faz cumprir o caso de embargo do local de trabalho em caso de risco à saúde do trabalhador.

No entanto, a fim de prevenir e evitar tais possíveis acidentes, a NR-5 trata-se da criação da CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Entre diversas normas, a CIPA é formada basicamente por um conjunto de trabalhadores que deve passar por treinamento, a fim de estarem melhores preparados para acompanhar a segurança do ambiente de trabalho e entre as atribuições gerais da CIPA, cabe a de identificar e elaborar o Mapa de Riscos do local. A NR-5 dispõe também de um anexo que não está em vigor mas é ainda usado como padrão, que relaciona as cores e tamanhos de acordo com a gravidade e o tipo dos riscos que são definidos para a criação do Mapa de Riscos do local.

Além da criação da CIPA, a NR-6 dispõe de uma lista identificando os equipamentos de proteção individuais que devem ser adequados para diferentes situações de ambiente de

trabalho, afim de evitar riscos presentes no local, como capacetes, jaleco, máscaras de proteção, entre outros.

### **2.3 Avaliação preliminar e coleta de dados na planta do laboratório de análise de alimentos**

Inicialmente, foi feita uma visita ao laboratório de análise de alimentos, e a partir do uso dos devidos instrumentos, foi feita a coleta de dados. Com uma trena de fita, retirou-se as medidas das bancadas e portas, e, com uma trena foram anotadas as medidas dos locais em que foi constatado uma maior dificuldade, como paredes e cantos. Com os dados em mãos, foi possível o desenvolvimento do desenho da planta a partir do Software Autocad 2018 versão acadêmica.

Também foram registradas fotos do local com uma câmera, tornando possível a comprovação de configuração e disponibilidade dos equipamentos instalados no local.

Conforme a Figura 1 foi possível observar a entrada detalhada do laboratório, com a vista frontal onde ficam localizadas as três capelas de exaustão de gases, consideradas EPC's, e à esquerda, uma bancada separada por vidro, onde são feitas as análises de gordura das amostras de alimentos.



Figura 1 – Vista da entrada do laboratório onde localizam-se as capelas de exaustão de gases com saída de ar para o ambiente externo e no compartimento à esquerda, são feitas as análises de gordura das amostras.

A partir da Figura 2, observa-se a disposição da pia onde é feita a lavagem de vidrarias e equipamentos utilizados nas atividades do dia-a-dia, além de uma janela com abertura para passagem de produtos químicos entre o laboratório e a sala ao lado, que também é um laboratório.



Figura 2 – Fotografia do Laboratório onde existe uma janela com abertura para passagem de produtos entre as salas, e a pia para lavagem das vidrarias e equipamentos.

Conforme a Figura 3, é possível ver a única porta de entrada e saída do laboratório, cuja abertura é feita para dentro, porém, não é possível abrir a porta em sua totalidade pela presença de um armário que a impede de abri-la.



Figura 3 – Fotografia que mostra detalhe da única porta de entrada e saída do Laboratório de Análise de Alimentos.

Na Figura 4 pode-se ter uma visão de dentro da bancada fechada por vidro, local este onde ocorreu o acidente. No momento em que uma pessoa realizava uma análise, pode-se observar a dificuldade de se evacuar o local, então um ponto de atenção se dá na abertura da porta vista na Figura 3.



Figura 4 – Fotografia do Laboratório com vista de dentro da bancada fechada por vidro, local onde as análises são realizadas.

Com as informações observadas no local e com a ajuda das fotos, foi possível montar a planta do local, conforme a Figura 5 e com a utilização do Software Autocad versão acadêmica para o desenho da planta e as medidas feitas com as trena de fita e a laser, a planta é mais fiel possível, com a localização das capelas, bancadas, portas, janelas e demais instrumentos.

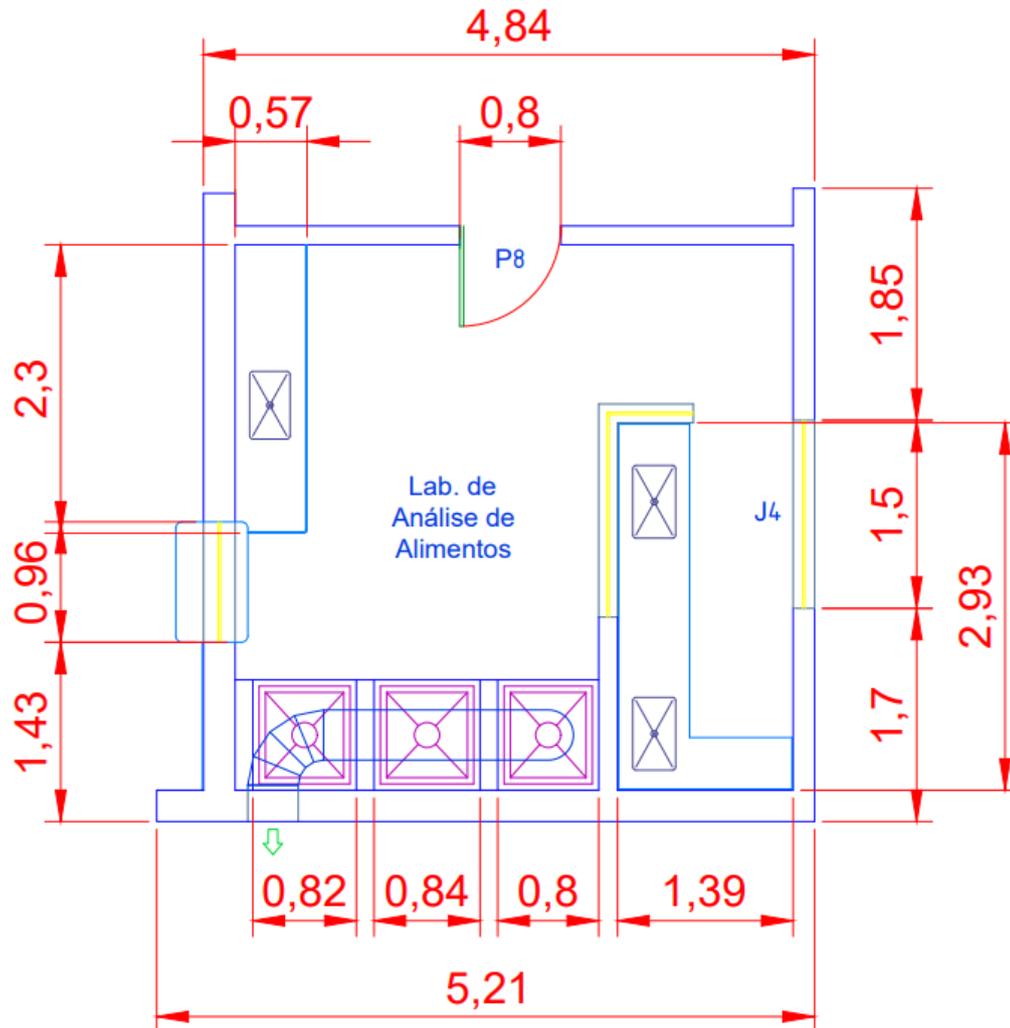


Figura 5 – Planta do laboratório feita com o Software Autocad 2008 versão acadêmica com as cotas em metros.

## 2.4 Mapa de risco

A partir dos dados coletados e com o desenho da planta, foi realizada uma análise dos possíveis riscos que os usuários do laboratório podem sofrer, a partir das atividades por eles executadas, ou seja, análises de diferentes tipos de alimentos, como por exemplo, a análise de gorduras extraídas dos alimentos com um instrumento a quente denominado Extrator Soxhlet que utiliza solvente como agente extrator, como metanol, etanol, acetona, éter e hexano, que acarretam na geração de vapores prejudiciais à saúde dos usuários do laboratório, bem como riscos de queimaduras.

Com isso, foi possível ser elaborado um mapa de risco, onde dentre os riscos foram observados:

- **Riscos Químicos:** poeira, fumaça, gases e vapores tanto dentro das capelas quanto na bancada onde realiza-se um processo à quente para extração de gorduras presentes nos alimentos analisados;
- **Riscos Físicos:** trabalhos em alta temperatura dentro das capelas;
- **Riscos de Acidentes:** Nas áreas onde existem trabalhos nas bancadas, e na porta de acesso ao laboratório, devido a não conformidade de abertura da porta para dentro;
- **Riscos Ergonômicos:** Uso de banquetas, prejudicando a postura correta dos usuários.

Diante dos riscos observados no laboratório, foi possível incluir na planta desenhada na Figura 5, os riscos presentes no ambiente, classificados em tamanho e cor, surgindo-se um Mapa de Risco, observado na Figura 6. A classificação dos riscos presentes na Figura 6 é apresentada em forma de legenda na Figura 7, com as cores recomendadas para cada tipo de risco e tamanho de acordo com o grau de perigo.

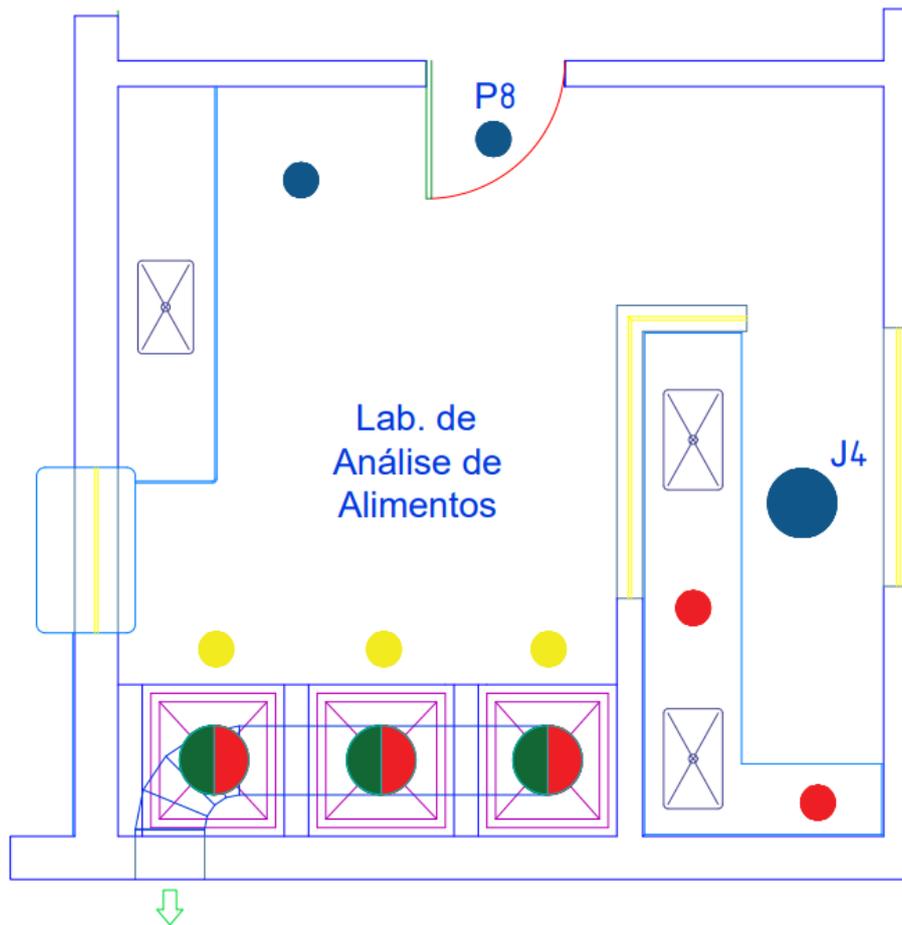


Figura 6 - Mapa de Risco contendo os tipos de riscos encontrados no laboratório, classificados por tamanho e cor, de acordo com a classificação do perigo.

Legenda Mapa de Risco		
Grupo de Risco	Cor	Tamanho do Risco
Físico	Verde	
Químico	Vermelho	
Biológico	Marrom	
Ergonômico	Amarelo	
Acidente	Azul	
		Pequeno    Médio    Grande

Figura 7 - Legenda de cores e tamanhos dos detalhes do Mapa de Risco, de acordo com o grupo de risco classificado no local.

Observando-se as Figuras 6 e 7, os riscos químicos são representados pela cor vermelha, e com tamanho do risco grande nas capelas e pequeno nas bancadas. Os riscos físicos são grandes e representados pela cor verde, estando presentes nas capelas devido a emissão de

ruídos durante os procedimentos. Já os riscos de acidentes são pequenos e grandes, representados pela cor azul e localizados na abertura da porta e próximo às pias e bancadas. Em amarelo, dispostos em frente às capelas, temos mesmo que pequenos, os riscos ergonômicos, onde esse último risco pode ser eliminado facilmente retirando-se as banquetas do laboratório, pelas atividades desenvolvidas no ambiente serem todas realizadas em pé.

O mapa de risco desenvolvido será impresso e disposto dentro das dependências do laboratório em um local de fácil visualização.

### **3 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS**

#### **3.1 Equipamentos aplicados à segurança do trabalhador em laboratórios**

Segundo a NR-6 os EPI's são aqueles que o fabricante desenvolveu e deduziu serem de proteção associado a riscos, e cabe a empresa a obrigatoriedade de fornecer gratuitamente os EPI's necessários e adequados ao trabalho e aos riscos identificados e a exigência de que sejam usados. Já ao empregado cabe a função de usá-los sempre que necessário e a responsabilidade de guardá-los e conservá-los, além de sempre informar a empresa se estiver impróprio para uso, apresentando defeitos e/ou anomalias.

Na NR-6 também existe o Anexo-I, que lista os EPI's, divididos em categorias de A à I, sendo: proteção da cabeça, proteção dos olhos e face, proteção auditiva, proteção respiratória, proteção ao tronco, proteção dos membros superiores, proteção dos membros inferiores, proteção do corpo inteiro, proteção contra quedas com diferença de nível, respectivamente.

Dentro de cada categoria, existem diversos equipamentos listados e segundo PROLAB (2014) os equipamentos comumente usados em laboratório, são os aventais, capacetes, luvas, máscaras, óculos de proteção, respiradores e viseiras. Nos laboratórios de análises químicas, as máscaras e os respiradores são essenciais na proteção contra inalação de gases, poeiras e outras substâncias químicas que possam causar intoxicação, além dos jalecos, que evitam o contato e protegem a derme em geral.

No entanto, é difícil encontrar disponíveis manuais, bibliografias ou pesquisas voltadas a existência de equipamentos automáticos, como sensores próprios para a segurança em laboratório. Assim é necessária a adaptação de sensores de uso geral, para fumaça, gases, temperaturas, entre outros e adaptá-los ao ambiente de laboratórios.

#### **3.2 Material utilizado para coleta de dados para elaboração das alternativas**

Diante da contextualização do problema e ambiente, na Tabela 1 são listados os materiais utilizados para coleta de dados, desenvolvimento de desenhos da planta, além de testes do sistema, a fim de obter os resultados desejados.

Tabela 1 – Descrição dos materiais utilizados no desenvolvimento do projeto e suas respectivas funções.

<b>MATERIAL</b>	<b>FUNÇÃO</b>
Trena de fita	Medições no laboratório
Trena a laser da marca Lomvum com precisão de erro de 1,5 mm em 100 m	Medições precisas no laboratório
Autocad 2018 Versão Acadêmica	Software para desenho
Software PowerBI Desktop e Online 2019 Licença Pro	Gerenciamento de dados e monitoramento
Software Arduino (IDE) versão 1.8.9	Realização de testes dos sensores
Microsoft Office Excel 2010	Elaboração de tabelas
Câmera Nikon Coolpix P900 com operação em modo automático	Registro de fotografias do laboratório

Fonte: Do Autor (2019)

### **3.3 Planta de instrumentação para segurança dos usuários do laboratório**

Diante dos riscos anteriormente encontrados a partir do Mapa de Risco, foi definido os equipamentos mais indicados para fazer o ambiente de trabalho um ambiente seguro, e elaborada assim, uma planta de instrumentação, onde foi possível identificar tudo o que foi projetado.

A primeira modificação realizada foi mudar a porta para uma porta camarão (que se dobra ao meio para abrir), o que antes tinha abertura feita para dentro, o que gera risco aos usuários, onde em caso de acidentes, dificulta a saída. Na Figura 8 é possível realizar a modificação e também a inclusão dos equipamentos necessários para o sistema, estando todas as modificações na cor vermelha.



Assim, foi definido o tipo de controlador a ser utilizado, que foi o Arduino MEGA, cujo sistema contém um número satisfatório de portas para comportar todos os dispositivos de monitoramento, além de uma capacidade satisfatória de memória, se comparado a outros modelos de micro controlador.

Como sensores, a partir da pesquisa feita em catálogos e datasheets (documento com as especificações do componente), sobre quais tipos de gases podem ser emitidos no laboratório, escolheu-se os seguintes sensores de gás: MQ-2 (detecta gases inflamáveis e fumaça), MQ-3 (detecta etanol), MQ-9 (detecta CO), MQ-135 (detecta CO<sub>2</sub>), ou seja, sensores dedicados para grupos de gases específicos, de baixo custo, compacto, amplo alcance, com um funcionamento onde a resistência elétrica do sensor de gás diminui conforme a concentração do gás poluente aumenta. Os sensores contam com um potenciômetro para ajustar a sensibilidade, com a capacidade de detectar uma faixa de concentração variando de acordo com o tipo de sensor.

Como foi feito a escolha de um número significativo de sensores de gás, optou-se pela utilização de um multiplexador, responsável pela diminuição de fios utilizados e um sistema mais organizado.

Para detectar variações de temperatura e riscos de incêndio, foi determinado a utilização de um sensor de temperatura DS18B20, capaz de detectar temperaturas elevadas de até 125 °C, e um sensor de Chama Fogo, capaz de detectar fontes de até 60 °C, onde a saída do sensor fica em estado baixo (0) quando o ambiente estiver normalizado e passa para estado alto (1) quando existir alguma fonte de calor.

Para que os servidores pudessem notar quando algum risco fosse gerado, definiu-se um alarme sonoro, do tipo buzzer, e um visual, lâmpada LED vermelha, por ser uma cor sinal de perigo. Para monitoramento dos parâmetros, um display LCD foi escolhido, por ser uma configuração simples e de baixo custo.

A conexão dos sensores com o micro controlador definiu-se necessidade de se confeccionar uma PCI (Placa de Circuito Impresso) com capacidade de conectar, com solda, uma quantidade considerável de fios para interligação dos componentes. Uma caixa de proteção foi necessária, devido a exposição ao ambiente e que de uma certa forma, ficasse esteticamente bonito e que acomodasse todo o sistema, então a escolha foi de uma caixa da marca Patola, confeccionada com material plástico resistente à altas temperaturas, sendo de fácil aquisição e apropriado para o ambiente laboratorial.

Para que o sistema entrasse em funcionamento, pensou-se em um módulo de bateria, na forma de um Nobreak, onde os riscos de queda de energia seriam eliminados, no caso de o

sistema ser conectado diretamente a fonte de energia. Cabos de alimentação da bateria até a caixa de proteção se fez necessária para a interligação de todo o circuito.

Com o pensamento em alguma situação onde o risco estivesse eminente, foi definido a colocação de dois exaustores de parede, cujos gases e vapores presentes no ambiente pudessem ser aspirados para o ambiente externo.

Para um melhor monitoramento, uma câmera IP foi definida, e suas imagens monitoradas por meio dos celulares dos responsáveis pelo laboratório, necessitando apenas de internet disponível para a transmissão das imagens.

Também foi definido a escolha de uma fechadura com controle de acesso com cartão magnético, que ao pensar em segurança, evita o uso de chaves, e é capaz de monitorar e garantir o acesso somente de pessoas autorizadas e com devido conhecimento do sistema de segurança.

A partir da Tabela 2 todos os instrumentos descritos são melhor detalhados com suas respectivas funções e aplicações.

Tabela 2 –Instrumentação do sistema projetado e suas respectivas funções

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>Finalidade</b>
Exaustor de parede	Melhora a qualidade do ar por meio de sua renovação e permite a redução de substâncias tóxicas e perigosas do ambiente.
Micro controlador Arduino MEGA	Plataforma open-hardware com um ambiente de desenvolvimento próprio, capaz de controlar sensores e demais dispositivos de acordo com a necessidade.
Placa PCI	Sustenta os componentes para o correto funcionamento e os caminhos de interligação.
Câmera IP	Câmera de Monitoramento de Vídeo que pode ter seu acesso controlado por qualquer rede IP, como a Internet.
Caixa plástica da marca Patola	Caixa de Proteção feita de plástico.
Módulo de bateria Nobreak	Alimentação do sistema, sem precisar de tomada.
Kit Fios jumper	Para interligação do circuito elétrico.
Buzzer	Alarme Sonoro para os sensores do sistema.
Sinaleiro LED Vermelho	Alarme Visual como uma forma de aviso para os usuários do laboratório
Display LCD 128x64	Painel Visual com informações dos sensores.
Sensor de Chama Fogo	Detecção de fontes de chama e demais fontes de calor.
Sensor de gás MQ-2	Detecção de gases inflamáveis.
Sensor de gás MQ-3	Detecção de etanol, álcool e fumaça.
Sensor de gás MQ-9	Detecção de CO e gases inflamáveis.
Sensor de gás MQ-135	Detecção de NH <sub>3</sub> , NO, Álcool, Benzeno, CO <sub>2</sub> e Fumaça
Sensor de temperatura DS18B20	Controle do nível de temperatura do ambiente.
Fechadura de controle de acesso magnético	Controle de acesso feito sem chaves e com o uso de cartões magnéticos.

Fonte: Do Autor (2019)

### 3.4.2 Diagrama elétrico da alternativa 1

O sistema elétrico de automação do laboratório está mostrado na Figura 9. Cabe enfatizar que outros instrumentos podem ser utilizados de acordo com as necessidades do laboratório a ser analisado. O diagrama elétrico mostra as ligações dos equipamentos especificados juntamente com os datasheets da Figura 10, tendo como peça central o micro controlador Arduino MEGA.

Dentre os equipamentos ligados ao micro controlador, há fios saindo para os relés, responsáveis por ligar e desligar os motores dos exaustores, um módulo nobreak responsável pela alimentação do sistema, necessitando de um fusível e de uma chave liga-desliga. No lado direito, têm-se os alarmes sonoro e visual saindo da placa do Arduino, um display serial LCD responsável pela visualização dos parâmetros controlados, alocado do lado externo da caixa da marca Patola.

O ambiente laboratorial em questão necessitou de mais de um tipo de sensor de gás para que todos os gases utilizados no laboratório fossem contemplados no monitoramento. A fim de economizar portas do micro controlador e deixar o circuito organizado, colocou-se um multiplexador analógico digital, o que multiplica as portas do Arduino. Por fim, tem-se um sensor de temperatura modelo DS18B20, um sensor digital que envia o valor da medição diretamente em °C, diferente dos outros sensores de temperatura usualmente analógicos que necessitam de conversão de valores.

Todo esse circuito pode ser montado numa PCI, deixando o sistema compactado e melhor organizado, eliminando a possibilidade de os fios escaparem, se fosse montado numa protoboard (placa com conexões condutoras e furos), por exemplo.

Ainda na Figura 9, tem-se uma câmera IP com uma conexão via internet, mandando imagens em tempo real para os responsáveis pelo laboratório.

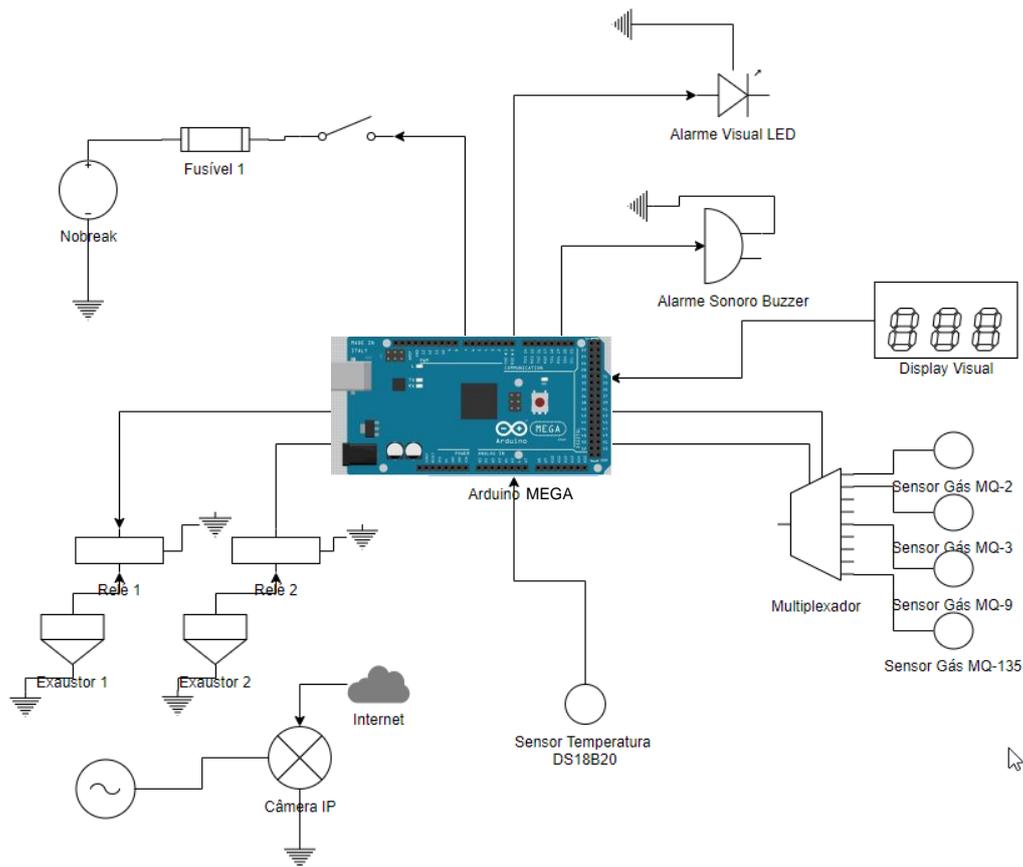


Figura 9 – Diagrama Elétrico com o sistema automatizado proposto, contendo os instrumentos recomendados e suas respectivas ligações.

### 3.4.3 Programação do sistema com a IDE Arduino

Para exemplificar a facilidade na montagem do sistema, escolheu-se um sensor de temperatura KY-001; um sensor chama fogo KY-026; um LED RGB KY0-16 para alerta visual; um módulo buzzer 5 volts KY-012 para alerta sonoro. Todos os componentes foram conectados no Arduino MEGA, de acordo com as especificações das ligações na Figura 10.

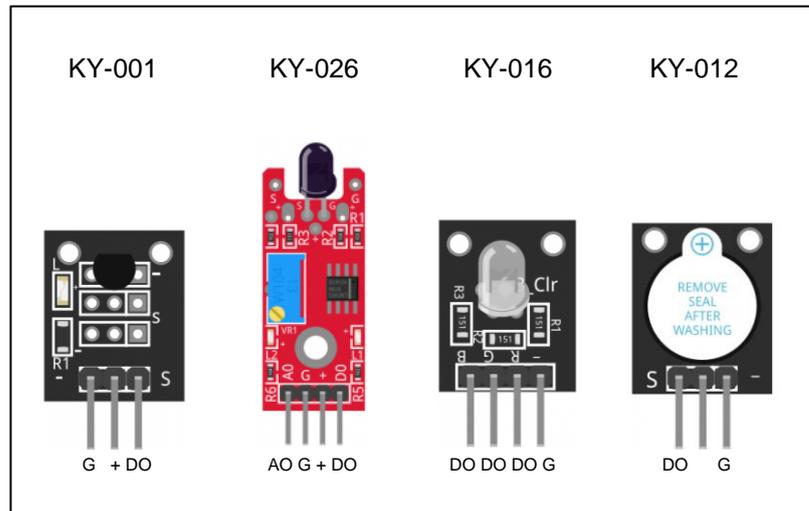


Figura 10 – Ligações dos sensores utilizados de acordo com os datasheets.

Ainda na Figura 10, é necessário entender o que cada sigla quer dizer, portanto, **G** significa GND (ou ligação ao pino terra do Arduino), o sinal de + significa ligação ao pino +5 volts da alimentação positiva, **DO** são os pinos digitais e **AO** os pinos analógicos.

A seguir, está descrito o código utilizado como exemplo, onde as portas escolhidas como digitais e analógicas podem variar, de acordo com a escolha do responsável pela montagem, além de bibliotecas para uso dos módulos dos sensores de temperatura e chama, disponíveis na plataforma de desenvolvimento.

```

//Programa: Sensor de Chama e Temperatura Arduino

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

int pino_D0 = 1;
int pino_A0 = A0;

int valor_a = 0;
int valor_d = 0;

int pinoRed = 9; // PINO DIGITAL UTILIZADO PELO TERMINAL VERMELHO
int pinoGreen = 10; // PINO DIGITAL UTILIZADO PELO TERMINAL VERDE
int pinoBlue = 11; // PINO DIGITAL UTILIZADO PELO TERMINAL AZUL

//excel
int linha = 0; // variavel que se refere as linhas do excel
int LABEL = 1;
int valor_temp = 0; // variavel que guarda o valor lido do sensor

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // Inicia a biblioteca
  sensors.begin();

  Serial.println("LIMPA AS LINHAS"); // reset da comunicação serial
  Serial.println("LABEL,Data,Hora,Temperatura, Alarme Temperatura, Alarme Chama,linha"); // nomeia as colunas

  pinMode(pino_A0, INPUT);
  pinMode(pino_D0, INPUT);

  //led RGB
  pinMode(pinoRed, OUTPUT); //DEFINE O PINO COMO SAÍDA
  pinMode(pinoBlue, OUTPUT); //DEFINE O PINO COMO SAÍDA
  pinMode(pinoGreen, OUTPUT); //DEFINE O PINO COMO SAÍDA

  //buzzer
  pinMode(4, OUTPUT);
}

```

```
void loop()
{
  int valor_a = analogRead(pino_A0);
  int valor_d = digitalRead(pino_D0);

  // TEMPERATURA
  sensors.requestTemperatures(); // envia o comando para coletar os dados de temperatura
  int valor_temp = sensors.getTempCByIndex(0);

  //excel
  Serial.print("DATA,DATE,TIME,"); //inicia a impressão de dados, sempre iniciando
  Serial.print(valor_temp);
  Serial.print(",");

  // CONDIÇÃO TEMPERATURA

  if (valor_temp > 25)
  {
    Serial.print("PERIGO");
  }
  if (valor_temp <= 25)
  {
    Serial.print("OK");
  }

  Serial.print(",");

  // CONDIÇÃO CHAMA

  if (valor_a < 30)
  {
    Serial.print("SIM");
  }
  if (valor_a >= 30)
  {
    Serial.print("NAO");
  }

  Serial.print(",");
  Serial.println(linha);

  if (linha > 500) //laço para limitar a quantidade de dados
  {
    linha = 0;
    Serial.println("LIMPA AS LINHAS"); // alimentação das linhas com os dados sempre iniciando
  }
}
```

```

digitalWrite(pinoGreen, HIGH); // turn ON Arduino's LED

// ALARME CHAMA
if (valor_a < 30)
{
digitalWrite(pinoGreen, LOW); // LIGA O LED
digitalWrite(pinoRed, HIGH); // DESLIGA O LED
delay(200);
tone(4,261);
delay(2000);
noTone(4);
}

// ALARME TEMPERATURA
if (valor_temp > 25)
{
digitalWrite(pinoGreen, LOW); // LIGA O LED
digitalWrite(pinoRed, HIGH); // DESLIGA O LED
delay(100);
tone(4,261);
delay(2000);
noTone(4);
}

delay(100);
}

```

### 3.4.4 Comunicação de dados entre o Arduino e as interfaces ao usuário

Os dados obtidos pelos sensores são enviados em tempo real pelo Arduino ao computador a partir de uma Macro, onde esses dados são transportados a uma planilha no Excel, que vai sendo atualizada conforme a programação de tempo de coleta das informações.

As Figuras 11 e 12 demonstram a planilha gerada com os dados de temperatura do ambiente e de nível de chama captados.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Data	Hora	Temperatura	Alarme Temperatura	Alarme Chama	linha					
63	09/06/2019	3:38:16 PM	21	OK	NAO	62					
64	09/06/2019	3:38:17 PM	21	OK	NAO	63					
65	09/06/2019	3:38:17 PM	22	OK	NAO	64					
66	09/06/2019	3:38:18 PM	22	OK	NAO	65					
67	09/06/2019	3:38:19 PM	22	OK	NAO	66					
68	09/06/2019	3:38:20 PM	22	OK	NAO	67					
69	09/06/2019	3:38:20 PM	22	OK	NAO	68					
70	09/06/2019	3:38:21 PM	22	OK	NAO	69					
71	09/06/2019	3:38:22 PM	23	PERIGO	NAO	70					
72	09/06/2019	3:38:23 PM	23	PERIGO	NAO	71					
73	09/06/2019	3:38:23 PM	23	PERIGO	NAO	72					
74	09/06/2019	3:38:24 PM	23	PERIGO	NAO	73					
75	09/06/2019	3:38:25 PM	23	PERIGO	NAO	74					
76	09/06/2019	3:38:26 PM	23	PERIGO	NAO	75					
77	09/06/2019	3:38:26 PM	23	PERIGO	NAO	76					
78	09/06/2019	3:38:27 PM	23	PERIGO	NAO	77					
79	09/06/2019	3:38:29 PM	23	PERIGO	NAO	78					
80	09/06/2019	3:38:29 PM	23	PERIGO	NAO	79					
81	09/06/2019	3:38:30 PM	23	PERIGO	NAO	80					
82	09/06/2019	3:38:30 PM	23	PERIGO	NAO	81					
83	09/06/2019	3:38:31 PM	22	OK	NAO	82					
84	09/06/2019	3:38:32 PM	22	OK	NAO	83					
85	09/06/2019	3:38:32 PM	22	OK	NAO	84					
86	09/06/2019	3:38:33 PM	22	OK	NAO	85					
87	09/06/2019	3:38:34 PM	22	OK	NAO	86					
88	09/06/2019	3:38:35 PM	22	OK	NAO	87					
89	09/06/2019	3:38:35 PM	22	OK	NAO	88					



Figura 11 – Planilha do Excel contendo a coleta de dados e exibição de alarme para temperatura acima do limite determinado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Data	Hora	Temperatura	Alarme Temperatura	Alarme Chama	linha					
13	09/06/2019	3:37:36 PM	19	OK	NAO	12					
14	09/06/2019	3:37:37 PM	19	OK	NAO	13					
15	09/06/2019	3:37:37 PM	19	OK	NAO	14					
16	09/06/2019	3:37:38 PM	19	OK	NAO	15					
17	09/06/2019	3:37:39 PM	19	OK	NAO	16					
18	09/06/2019	3:37:40 PM	19	OK	NAO	17					
19	09/06/2019	3:37:40 PM	19	OK	NAO	18					
20	09/06/2019	3:37:41 PM	19	OK	SIM	19					
21	09/06/2019	3:37:42 PM	19	OK	SIM	20					
22	09/06/2019	3:37:43 PM	19	OK	SIM	21					
23	09/06/2019	3:37:44 PM	19	OK	SIM	22					
24	09/06/2019	3:37:45 PM	19	OK	SIM	23					
25	09/06/2019	3:37:46 PM	19	OK	SIM	24					
26	09/06/2019	3:37:47 PM	19	OK	SIM	25					
27	09/06/2019	3:37:48 PM	19	OK	SIM	26					
28	09/06/2019	3:37:49 PM	19	OK	SIM	27					
29	09/06/2019	3:37:50 PM	19	OK	SIM	28					
30	09/06/2019	3:37:51 PM	19	OK	SIM	29					
31	09/06/2019	3:37:52 PM	19	OK	NAO	30					
32	09/06/2019	3:37:52 PM	19	OK	NAO	31					
33	09/06/2019	3:37:53 PM	19	OK	NAO	32					
34	09/06/2019	3:37:54 PM	19	OK	NAO	33					
35	09/06/2019	3:37:55 PM	19	OK	NAO	34					
36	09/06/2019	3:37:55 PM	19	OK	NAO	35					
37	09/06/2019	3:37:56 PM	19	OK	NAO	36					
38	09/06/2019	3:37:59 PM	19	OK	NAO	37					
39	09/06/2019	3:37:59 PM	19	OK	NAO	38					



Figura 12 – Planilha do Excel contendo a coleta de dados e exibição de alarme para chama quando na presença de uma fonte de calor.

A tabela em Excel com os dados obtidos é enviada para o Programa Power BI, que pode ser instalado tanto no desktop afim de acompanhar em tempo real as informações do sistema, como pelo aplicativo instalado em smartphones, a interface de ambos apresenta um alarme visual quando o sistema detecta riscos, como temperatura maior que a programada ou nível de chama maior que o seguro, no entanto o aplicativo é capaz de emitir notificações ao usuário informando a presença de riscos, e a captação de valores em sinal de perigo, assim o usuário pode acompanhar a distância a situação do laboratório, e agir a fim de evitar maiores danos.

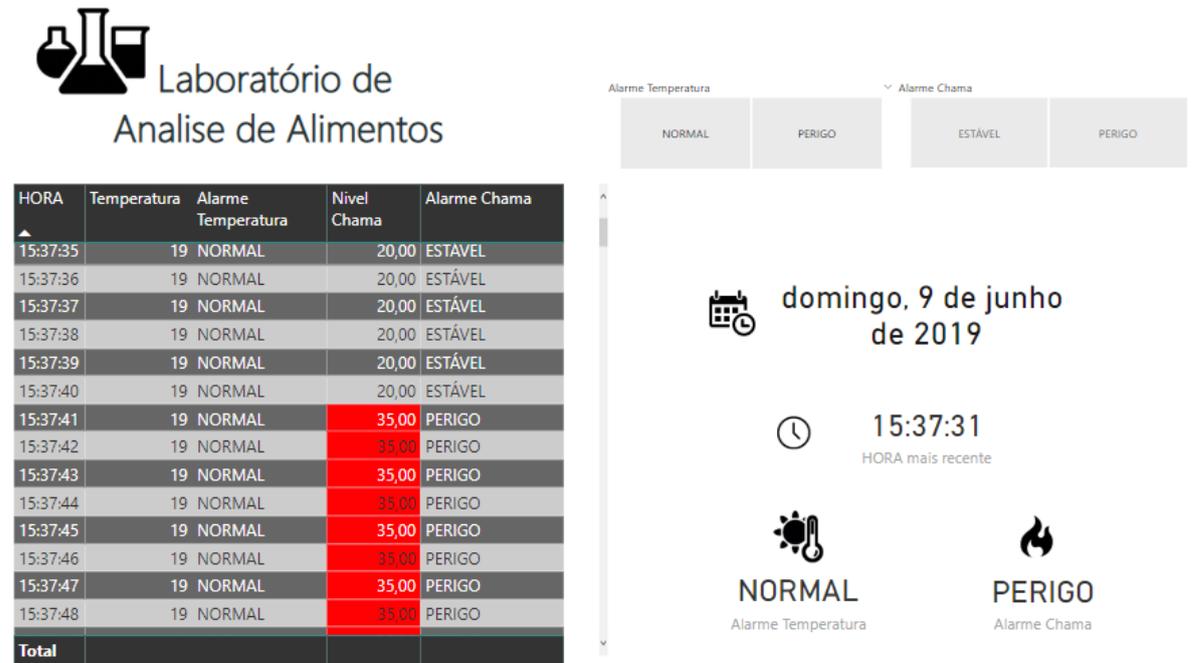


Figura 13 – Relatório exibido no computador a partir da aplicação do software PowerBI com os valores coletados dos sensores e seus respectivos indicadores.



Figura 14 – Relatório exibido no celular a partir da aplicação do software PowerBI com os valores coletados dos sensores e seus respectivos indicadores.

## 3.5 Alternativa 2

### 3.5.1 Instrumentação escolhida e finalidades

Para a segunda alternativa, foi substituído o micro controlador Arduino MEGA por um Raspberry PI 3.0, um microcomputador mais complexo que o Arduino para realização de múltiplas tarefas, rodando vários programas de uma só vez.

Os demais equipamentos da primeira alternativa foram mantidos, deixando evidenciado que a escolha dos sensores pode ser modificada de acordo com a necessidade do ambiente laboratorial.

### 3.5.2 Diagrama elétrico da alternativa 2

O diagrama elétrico se mantém o mesmo, apenas alterando a peça principal para um Raspberry PI 3.0.

Figura 15: Placa do microcomputador Raspberry PI 3.0



Fonte: FilipeFlop (2019)

### 3.5.3 Programação do sistema com Raspbian

A programação com o uso do Raspberry é mais complexa, fazendo-se necessária a instalação de um sistema operacional – Raspbian. Após instalado, pode ser feito o código com a linguagem Python.

## 4 LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DAS ALTERNATIVAS

### 4.1 Tabela de custos para Investimento Inicial Alternativa 1

Tabela 3 – Lista de equipamentos utilizados no primeiro cenário econômico para a construção do sistema de controle automatizado de laboratório. Valores cotados em 20/Junho/2019.

EQUIPAMENTO/INSUMO	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Exaustor de parede	2	120,00	240,00
Micro controlador Arduino MEGA	1	140,00	140,00
Placa de Circuito Impresso	1	90,00	90,00
Câmera IP	1	300,00	300,00
Cartão de memória para câmera IP	1	40,00	40,00
Caixa plástica Patola Gabinete	1	65,00	65,00
Módulo Nobreak para Arduino	1	60,00	60,00
Parafusos, fios e conectores (kit)	1	60,00	60,00
Buzzer 12 volts	1	24,00	24,00
Relés eletromagnéticos (5v - 220v/10A)	4	18,00	72,00
Sinaleiro LED 12 volts	1	26,00	26,00
Display LCD 128x64	1	110,00	110,00
Sensor de Chama Fogo	1	10,00	10,00
Sensor de gás MQ-2	1	16,00	16,00
Sensor de gás MQ-3	1	22,00	22,00
Sensor de gás MQ-9	1	26,00	26,00
Sensor de gás MQ-135	1	22,00	22,00
Sensor de temperatura DS18B20	1	20,00	20,00
Fechadura magnética de controle	1	360,00	360,00
Canaleta de plástico para parede (m)	20	4,00	80,00
Broca de furar parede + buchas (kit)	1	20,00	20,00
Lacres de plástico enumerados (kit)	1	16,00	16,00
Outros gastos variáveis (reserva)	1	400,00	400,00
<b>Total</b>			<b>2.219,00</b>

Fonte: Do Autor (2019).

## 4.2 Tabela de custos para Investimento Inicial Alternativa 2

Tabela 4 – Lista de equipamentos utilizados no segundo cenário econômico para a construção do sistema de controle automatizado de laboratório. Valores cotados em 20/Junho/2019.

<b>EQUIPAMENTO/INSUMO</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
Exaustor de parede	2	120,00	240,00
Raspberry PI 3.0	1	290,00	290,00
Placa de Circuito Impresso	1	90,00	90,00
Câmera IP	1	300,00	300,00
Cartão de memória para câmera IP	1	40,00	40,00
Caixa plástica Patola Gabinete	1	65,00	65,00
Módulo Nobreak para Arduino	1	60,00	60,00
Parafusos, fios e conectores (kit)	1	60,00	60,00
Buzzer 12 volts	1	24,00	24,00
Relés eletromagnéticos (5v - 220v/10A)	4	18,00	72,00
Sinaleiro LED 12 volts	1	26,00	26,00
Display LCD 128x64	1	110,00	110,00
Sensor de Chama Fogo	1	10,00	10,00
Sensor de gás MQ-2	1	16,00	16,00
Sensor de gás MQ-3	1	22,00	22,00
Sensor de gás MQ-9	1	26,00	26,00
Sensor de gás MQ-135	1	22,00	22,00
Sensor de temperatura DS18B20	1	20,00	20,00
Fechadura magnética de controle	1	360,00	360,00
Canaleta de plástico para parede (m)	20	4,00	80,00
Broca de furar parede + buchas (kit)	1	20,00	20,00
Lacres de plástico enumerados (kit)	1	16,00	16,00
Outros gastos variáveis (reserva)	1	400,00	400,00
<b>Total</b>			<b>2.369,00</b>

Fonte: Do Autor (2019).

## **5 LEVANTAMENTO DOS BENEFÍCIOS**

### **5.1 Benefícios da Alternativa 1**

A Alternativa 1 é composta por um micro controlador Arduino, que apresenta entre seus benefícios um custo bem menor em relação ao Raspberry, além de um sistema bem mais simples e implementação menos complexa, levando a uma manutenção de códigos de maior facilidade.

### **5.2 Benefícios da Alternativa 2**

A alternativa 2, desenvolvida com o uso de Raspberry possui benefícios de eficiência, visto que na necessidade de controles maiores do sistema, cálculos mais complexos, ou a realização de multitarefas com maior complexidade ele seria o ideal, porém financeiramente em um projeto com tarefas e necessidades mais simples pelo micro controlador esse custo maior não é necessário.

## 6 ANÁLISE ECONÔMICA

### 6.1 Horizonte de planejamento e taxa de juros

Os cálculos foram feitos considerando um horizonte de planejamento igual a 5 (cinco) anos, ou seja, vamos fazer todos os cálculos de recebimentos e despesas avaliados ao longo de cinco anos, o que é um tempo razoável para a análise de investimentos na área de instrumentação e sensores.

Nos cálculos foi utilizada a poupança como taxa de juros, cujo rendimento atual está em torno de 0,45% ao mês (2,73 % ao semestre).

#### 6.1.1 Fluxo de caixa da Alternativa 1

##### 6.1.1.1 Valor presente (PV) de todos os itens listados na Tabela 3 (Alternativa 1)

$$PVEquip = 2.219,00 \text{ (1)}$$

##### 6.1.1.2 Valor presente (PV) de montagem e instalação dos equipamentos

$$PVInst = 400,00 \text{ (2)}$$

Valor obtido por cotação no comércio local em 19/06/2019.

##### 6.1.1.3 Valor presente (PV) de manutenção dos equipamentos

Aqui foi considerada uma manutenção a ser realizada a cada 6 (seis) meses, conforme cotação para estabelecimento de contrato com empresa de manutenção de equipamentos eletrônicos. Serão 10 (dez) manutenções ao longo de 5 (cinco) anos, ao custo de R\$ 300,00 cada uma.

$$PV_{mnu} = A \times \left[ \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n - 1}{\left(\frac{i}{100}\right)\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} \right] \rightarrow 300,00 \times \left[ \frac{\left(1 + \frac{2,73}{100}\right)^{10} - 1}{\left(\frac{2,73}{100}\right)\left(1 + \frac{2,73}{100}\right)^{10}} \right] = 2.594,69 \quad (3)$$

#### 6.1.1.4 Valor presente (PV) dos custos de substituição dos sensores a cada ano

Os sensores de gás têm vida útil de 1 (um) ano, conforme especificação dos fabricantes. Serão adquiridos 5 (cinco) sensores de cada, sendo um para cada ano de utilização.

##### Sensor de chama e fogo

$$PV_{\text{Chama}} = 10,00 \times 5 = 50,00 \text{ (4)}$$

##### Sensor de gás MQ-2

$$PVMQ - 2 = 16,00 \times 5 = 80,00 \text{ (5)}$$

##### Sensor de gás MQ-3

$$PVMQ - 3 = 22,00 \times 5 = 110,00 \text{ (6)}$$

##### Sensor de gás MQ-9

$$PVMQ - 9 = 26,00 \times 5 = 130,00 \text{ (7)}$$

##### Sensor de gás MQ-135

$$PVMQ - 135 = 22,00 \times 5 = 110,00 \text{ (8)}$$

##### Sensor de temperatura

$$PV_{\text{Temper}} = 20,00 \times 5 = 100,00 \text{ (9)}$$

#### 6.1.1.5 Valor presente (PV) do valor residual dos equipamentos após 5 anos de utilização

Valor residual decorrente de depreciação e obsolescência e FV = Valor futuro (estimado em R\$ 300,00).

$$PV_{Res} = \frac{FV}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} = \frac{300}{\left(1 + \frac{0,45}{100}\right)^{60}} = 229,15 \quad (10)$$

## 6.1.2 Fluxo de caixa da Alternativa 2

### 6.1.2.1 Valor presente (PV) de todos os itens listados na Tabela 4 (Alternativa 2)

$$PVEquip = 2.369,00 \quad (11)$$

### 6.1.2.2 Valor presente (PV) de montagem e instalação dos equipamentos

$$PVInst = 560,00 \quad (12)$$

Valor obtido por cotação no comércio local em 19/06/2019.

### 6.1.2.3 Valor presente (PV) de manutenção dos equipamentos

Aqui foi considerada uma manutenção a ser realizada a cada 6 (seis) meses, conforme cotação para estabelecimento de contrato com empresa de manutenção de equipamentos eletrônicos. Serão 10 (dez) manutenções ao longo de 5 (cinco) anos, ao custo de R\$ 300,00 cada uma.

$$PV_{mmu} = A \times \left[ \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n - 1}{\left(\frac{i}{100}\right)\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} \right] \rightarrow 400,00 \times \left[ \frac{\left(1 + \frac{2,73}{100}\right)^{10} - 1}{\left(\frac{2,73}{100}\right)\left(1 + \frac{2,73}{100}\right)^{10}} \right] = 3.459,58 \quad (13)$$

### 6.1.2.4 Valor presente (PV) dos custos de substituição dos sensores a cada ano

Os sensores de gás têm vida útil de 1 (um) ano, conforme especificação dos fabricantes. Serão adquiridos 5 (cinco) sensores de cada, sendo um para cada ano de utilização.

Aqui foram considerados os mesmos custos de substituição que foram calculados para a Alternativa 1 (Arduino MEGA).

$$PVSubst = 580,00 \quad (14)$$

### 6.1.2.5 Valor presente (PV) do valor residual dos equipamentos após 5 anos de utilização

Valor residual decorrente de depreciação e obsolescência e FV = Valor futuro (estimado em R\$ 400,00).

$$PV_{Res} = \frac{FV}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} = \frac{400}{\left(1 + \frac{0,45}{100}\right)^{60}} = 305,54 \quad (15)$$

## 6.2 Cálculo VPL

Com base na fórmula a seguir foi feito o Cálculo de VPL para ambas as alternativas.

$$VPL = -Investimento Inicial - Depreciação \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}} - Operação \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}} - Manutenção \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}} + Retorno \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^{n*i}} + Valor residual \frac{1}{(1+i)^n} \quad (16)$$

Tabela 5: Análise de viabilidade econômica com base no Valor Presente Líquido das duas alternativas consideradas no projeto: Arduino MEGA vs. Raspberry PI 3.0. Valores estimados em 20/06/2019.

	CENÁRIOS ECONÔMICOS			
	1: Arduino MEGA		2: Raspberry PI 3.0	
Descrição	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)
Equipamentos	-	2.219,00	-	2.369,00
Montagem e instalação	-	400,00	-	560,00
Manutenção	-	2.594,69	-	3.459,58
Substituição de sensores	-	580,00	-	580,00
Valor residual venal	219,15	-	305,54	-
Total	229,15	5.793,69	305,54	6.968,58
<b>VPL</b>	<b>- 5.564,54</b>		<b>- 6.663,04</b>	

Fonte: Do Autor (2019).

## 6.3 Recomendação da Melhor Alternativa

De acordo com cálculos de viabilidade econômica, concluímos que a Alternativa 1 seria a mais economicamente viável, considerando que o Valor Presente Líquido (VPL) do cenário

econômico com Arduino é **maior** do que o cenário com o Raspberry PI 3.0, então o investimento com maior atratividade é aquele que faz o uso do Arduino sendo, por isso, o recomendado para a implementação prática deste projeto.

O sistema proposto é tecnicamente viável, de fácil confecção, não necessitando de uma mão de obra sofisticada, como a presença de uma equipe de engenharia, basta que um engenheiro de automação esteja na supervisão, repassando as informações do serviço para técnicos de automação, que a instalação do sistema será feita tranquilamente.

## **7 CONCLUSÕES GERAIS**

O sistema de segurança traz diversos benefícios, por ser de fácil manutenção, baixo consumo de energia, não existindo interferência eletrônica nos equipamentos, como por exemplo, o sinal de um rádio, ou seja, não emite ondas de alta potência.

Pode garantir ao técnico do laboratório mesmo que a distância, um acompanhamento mais amplo das atividades realizadas dentro do ambiente.

Os benefícios financeiros, são inúmeros visto que o baixo custo de implementação garante um sistema capaz de evitar prejuízos vigentes de danos causados pelos acidentes.

Então, conclui-se que com um pequeno estudo do ambiente, de suas atividades e identificando seus riscos, é totalmente viável a implementação de um sistema que pode levar a prevenção de acidentes e prejuízos.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO MODULES. **Informações dos módulos de sensores para Arduino**. Disponível em: <<https://arduinomodules.info/>>. Acesso em: 17 de junho de 2019.

ESCOLA NACIONAL DA INSPEÇÃO DO TRABALHO. **Portaria DNSST nº 5, de 17 de agosto de 1992**. Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/arquivos\\_sst/sst\\_legislacao/sst\\_legislacao\\_portarias\\_1992/portaria-n.-05-mapa-de-risco-revogada-pela-25\\_94.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/arquivos_sst/sst_legislacao/sst_legislacao_portarias_1992/portaria-n.-05-mapa-de-risco-revogada-pela-25_94.pdf)>. Acesso em 10 de abril de 2019.

FILIPEFLOP. **Componentes eletrônicos**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/>>. Acesso em 10 de abril de 2019.

FILIPE FLOP. **Primeiros passos com Raspberry Pi e Linux**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/primeiros-passos-raspberry-pi-e-linux/>>. Acesso em: 17 de junho de 2019.

PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE. **Nr 6 - equipamento de proteção individual - epi**. Disponível em: <[https://www.pncq.org.br/uploads/2016/nr\\_mte/nr%206%20-%20epi.pdf](https://www.pncq.org.br/uploads/2016/nr_mte/nr%206%20-%20epi.pdf)>. Acesso em 1 de junho de 2019.

INSTITUTO NEWTON BRAGA. **Placas de circuito impresso (alm345)**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque-tecnologico/205-p/7551-placas-de-circuito-impresso-alm345>>. Acesso em 19 de abril de 2019.

MAXLABOR. **Tipos de sistema de exaustão de gases para laboratório**. Disponível em: <<https://www.maxlabor.com.br/tipos-de-sistema-de-exaustao-de-gases-para-laboratorio>>. Acesso em 19 de abril de 2019.

PROLAB. **EPI para laboratório: saiba quais são os principais itens**. Disponível em: <<https://www.prolab.com.br/blog/equipamentos-aplicacoes/epi-para-laboratorio-saiba-quais-sao-os-principais-itens/>>. Acesso em 18 de abril de 2019.

SECRETARIA DE TRABALHO. **NR 1 - disposições gerais.** Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/documentos/sst/nr/nr1.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2019.

SECRETARIA DE TRABALHO. **NR 3 - embargo ou interdição.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/documentos/sst/nr/nr3.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2019.

SECRETARIA DE TRABALHO. **NR 5 - comissão interna de prevenção de acidentes.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/documentos/sst/nr/nr5.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2019.

VIDA DE SILICIO. **Ds18b20 – sensor de temperatura inteligente.** Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/>>. Acesso em 18 de abril de 2019.

VIDA DE SILICIO. **Sensor de gás mq-135 e a família de sensores mq.** Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>>. Acesso em 18 de abril de 2019.

Vieira RGL, Santos BMO, Martins CHG. **Riscos físicos e químicos em laboratório de análises clínicas de uma universidade.** Medicina (Ribeirão Preto) 2008; 41 (4): 508-15. Acesso em 18 de abril de 2019.