

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM
CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS**

FELIPE OLIVEIRA PASSOS

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UM AMOSTRADOR LINEAR DE BAIXO
CUSTO**

**CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM-ES
2021**

FELIPE OLIVEIRA PASSOS

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UM AMOSTRADOR LINEAR DE BAIXO
CUSTO**

Monografia apresentada à Coordenadoria do Curso de Engenharia de Minas do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cachoeiro de Itapemirim, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. MSc. Eliseu Romero Campelo Correia.

CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM-ES

2021

(Biblioteca do Campus Cachoeiro de Itapemirim)

P289c Passos, Felipe Oliveira.

Construção de um protótipo de um amostrador linear de baixo custo /
Felipe Oliveira Passos. - 2021.
34 f. f. : il. ; 30 cm..

Orientador: Eliseu Romero Campelo Correia

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cachoeiro
de Itapemirim, Engenharia de Minas, 2021.

1. Beneficiamento de minérios. 2. Amostrador de minério - Protótipo. I.
Correia, Eliseu Romero Campelo. II. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 622.7

Bibliotecário/a: Renata Lorencini Rizzi CRB6-ES nº 085

FELIPE OLIVEIRA PASSOS

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UM AMOSTRADOR LINEAR DE
BAIXO CUSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenadoria do Curso de
Engenharia de Minas do Instituto Federal do
Espírito Santo como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Minas.

Aprovado em 08 de setembro de 2021

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Eliseu Romero Campêlo Correia
Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* Cachoeiro
Orientador

Prof. Dr. Lyndemberg Campêlo Correia
Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* Cachoeiro
Examinador interno

Eng°. Diego Martins Mozzer
Examinador externo



Emitido em 16/09/2021

FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC Nº 14/2021 - CAI-CCEM (11.02.18.01.08.02.04)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 17/09/2021 08:45)

ELISEU ROMERO CAMPELO CORREIA
PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO
CAI-CCEM (11.02.18.01.08.02.04)
Matrícula: 2944893

(Assinado digitalmente em 16/09/2021 16:09)

LYNDEMBERG CAMPELO CORREIA
PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLOGICO
CAI-CCEM (11.02.18.01.08.02.04)
Matrícula: 1810841

(Assinado digitalmente em 16/09/2021 18:12)

DIEGO MARTINS MOZER
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ***.569.367-**

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ifes.edu.br/documentos/> informando seu número: **14**, ano: **2021**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC**, data de emissão: **16/09/2021** e o código de verificação: **757530c021**

DEDICATÓRIA

Queria dedicar esse trabalho ao meu pai, José Braz Rangel Passos, pelo exemplo de homem que ele é e sempre foi, com seus ensinamentos que levarei para toda a vida, de ser uma pessoa melhor que eu possa ser, agir sempre com humildade e respeito. A minha mãe, Ester de Oliveira Passos, que sempre com muita calma e paciência me ajudava nos dias mais difíceis, me acalmava e dizia que estava tudo bem e que no dia seguinte tudo seria melhor e que todo mundo tem um dia ruim, e nunca me deixou desistir e sempre me apoia nas minhas escolhas. Ao meu irmão, Lucas Oliveira Passos, que em qualquer momento de dificuldade tinha uma piada para me alegrar ou chamava para jogar vídeo game. A minha namorada que sempre esteve do meu lado em qualquer momento, sempre paciente e atenciosa para me ouvir e me dar conselhos e cuidando de mim da melhor maneira possível. E a todos os meus familiares, pois, tenho certeza que sem vocês eu não teria conseguido e nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer a todos os meus amigos que eu ganhei na graduação e irei levar para toda a vida, Alan Pedruzzi (Alambrado) por sempre com muita paciência se colocou a disposição para ajudar e dando sempre os melhores conselhos, ao Eduardo Campos (Dudu) por ser essa pessoa muito especial e que me ajudou muito durante essa caminhada, me apoiando, me aconselhando, ao Henrique Ribeiro (Eterno Gordinho) que sempre quando eu dizia que não daria, ele me ajudava a continuar até dar certo, uma pessoa com um grande coração, ao Lealdo Silva (Leleu) que sempre dizia, vai dar certo amigo, e realmente eu posso dizer, deu certo Leleu, uma pessoa que sempre se lembrava da gente nas suas orações, dava muitos conselhos, chamava a atenção quando necessário e sempre atencioso e preocupado, ao Luan Bomfim e sua paciência de outro mundo, companheirismo e sempre disposto a ajudar a qualquer momento, ao Paulo Silas, que sempre puxava aquela boa prosa nas horas do café e dava aquela palavra de incentivo e sempre nos ajudando e a minha turma a ENGM20142.

Queria agradecer também a todos os meus professores que nos guiaram da melhor forma possível por essa longa caminhada, nos ajudando no crescimento no aspecto acadêmico e ensinamentos para toda a vida, em especial, ao meu mestre e orientador Eliseu Romero que esteve sempre disponível quando solicitado, uma pessoa muito boa, um excelente professor e com um coração enorme.

RESUMO

O beneficiamento de minério é uma sequência de etapas que visa modificar a forma, granulometria e a concentração dos minerais, sem que ocorra a alteração física e química dos mesmos. Essas etapas buscam o aumento do teor dos minerais que tenha um valor econômico. Para um bom controle operacional no tratamento de minérios se faz necessário à técnica de amostragem, para evitar grandes erros na qualidade da análise do minério em diversos pontos do processo. Uma das ferramentas que são utilizadas para essa técnica é o amostrador linear automático que tem um custo de investimento relativamente alto. O trabalho apresenta um projeto e suas etapas de construção de um protótipo de amostrador linear automático de baixo custo. Na construção foi utilizado o motorreductor, placa programável e o inversor de frequência que são a parte elétrica do amostrador e a estrutura metálica foi feita com metalon, cantoneiras e cremalheira. O protótipo de amostrador linear automático se mostrou bastante eficiente, tanto na execução da amostragem quanto os comandos elétricos, a programação e a manutenção do equipamento são simples e não se faz necessário um conhecimento técnico profundo.

Palavras-chave: Custo. Amostrador de minério automático. Amostragem. Minério.

ABSTRACT

Ore beneficiation is a sequence of steps that aims to modify the shape, granulometry and concentration of the ores, without physical and chemical alteration of them. These steps seek to increase the content of minerals that have an economic value. For a good operational control in the treatment of ores, the sampling technique is necessary, to avoid major errors in the quality of the ore analysis at various points in the process. One of the tools that are used for this technique is the automatic linear sampler, which has a relatively high investment cost. The work presents a project and its construction steps for a low-cost automatic linear sampler prototype. In the construction, the gearmotor, programmable board and the frequency inverter were used, which are the electrical part of the sampler, and the metallic structure was made with metalon, angle brackets and rack. The prototype of an automatic linear sampler proved to be very efficient, both in performing the sampling and the electrical commands, programming and maintenance of the equipment are simple and in-depth technical knowledge is not required.

Keywords: Cost. Automatic Ore Sampler. Sampling. Ore.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma típico de tratamento de minério.....	12
Figura 2	Representação em figura de uma amostragem	13
Figura 3	Acurácia e precisão.....	14
Figura 4	Amostragem manual	17
Figura 5	Amostrador com trajetória retilínea	18
Figura 6	Amostrador com trajetória circular.....	18
Figura 7	Motorreductor idêntico ao que foi utilizado no mostrador.....	22
Figura 8	Imagem de um Inversor de Frequência.....	23
Figura 9	Imagem de um Rele Temporizador Digital Programável.....	24
Figura 10	Vista frontal do protótipo do amostrador	25
Figura 11	Vista superior do protótipo do amostrador.....	25
Figura 12	Imagem do protótipo do amostrador	25
Figura 13	Esquema elétrico do comando do amostrador	27
Figura 14	Rele temporizador programável esquema de programação	29
Figura 15	Esquema do rele temporizador para executar várias vezes.....	29
Figura 16	Amostrador construído.....	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	OBJETIVO GERAL	10
2.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO	10
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1	BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO.....	11
3.2	AMOSTRAGEM.....	13
3.3	AMOSTRAGEM MANUAL.....	16
3.4	AMOSTRAGEM AUTOMATIZADA.....	17
3.5	AUTOMAÇÃO	19
3.6	INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	20
4.	METODOLOGIA.....	21
4.1	PROJETO DA ESTRUTURA FÍSICA DO AMOSTRADOR.....	21
4.1.1	Materiais	21
4.1.1.1	Estruturas Metálicas.....	21
4.1.1.2	Motorreductor.....	22
4.1.1.3	Inversor de Frequência.....	22
4.1.1.4	Rele Temporizador Digital Programável.....	23
4.1.2	Projeto Estrutural do Amostrador.....	24
4.2	PROJETO ELÉTRICO DO AMOSTRADOR	26
4.2.1	Parametrização do Inversor.....	27
4.2.1.1	Informações do motorreductor	28
4.2.1.2	Parametrização do Inversor – Avanço, Retorno e Giro	28
4.3	PARAMETRIZAÇÃO DO RELE TEMPORIZADOR DIGITAL PROGRAMAVEL.....	29
4.4	CUSTOS.....	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O tratamento ou beneficiamento de minérios constitui-se por etapas que são utilizadas nos minerais que são extraídos, com o objetivo de modificar a granulometria, forma e a concentração das espécies minerais, de maneira que não se altere a identidade física ou química dos minerais durante esses processos. Todas as operações que são feitas durante o beneficiamento têm como objetivos principais o aumento do teor dos minerais que são relevantes, agregando assim o valor e acurando a qualidade do mineral.

Para que se tenha um melhor controle no processo de tratamento de minérios se faz necessária à etapa de amostragem. A amostra consiste na retirada de uma pequena porção do minério em questão, essa porção irá representar uma parcela do universo no qual se deseja amostrar. Essa pequena parcela de amostra retirada é feita de maneira que ela garanta a representatividade desse universo, mesmo que sendo reduzidos não perca suas características, conforme ao(s) parâmetro(s) que são desejados. Comumente uma amostra deve ser constituída pelo máximo de incrementos possíveis e a coleta deve ser feita de maneira equiprobabilística.

Após o recolhimento da amostra primária ela é exposta a vários estágios para a sua preparação, essas etapas vão desde operações para que sua granulometria seja reduzida, como também será feito a homogeneização e o quarteamento da mesma, até que se chegue à amostra final, de forma que ela tenha os requisitos de massa e granulometria adequadas para que seja feita a realização de testes e/ou análises química e instrumental.

A amostragem é de suma importância, principalmente quando envolve o controle de processos em laboratório e indústria, avaliação de depósitos minerais e a comercialização de produtos. É importante salientar que uma amostragem realizada de forma errônea pode acarretar em grande perda ou desvio dos resultados em decorrência de técnicas imprevisíveis.

O meio de se executar o controle de qualidade do produto é fazer a análise dos dados obtidos durante o processo. Esta ferramenta de qualidade é utilizada nos

processos produtivos com o intuito de fornecer dados para um diagnóstico mais eficaz na prevenção e detecção de algum problema que possa ter ocorrido durante o processo. Para que seja feita a efetuação das análises é necessário que seja realizado a execução da coleta de determinadas amostras após algumas etapas de produção. Para a realização dessas coletas podem ser feitas de forma manual ou automático, por meio de amostradores, sendo automático preferível devido à agilidade e segurança por não expor o colaborador aos eventuais riscos.

Os amostradores têm sua trajetória retilínea e trajetória circular, os amostradores com trajetória retilínea, são os mais comuns, eles contêm arestas retas, paralelas, simétricas em relação ao seu eixo e de espessura constante. Já os amostradores com trajetória circular possuem aberturas radiais que cortam o fluxo de minério, coletando um incremento para a composição de uma amostra.

Os equipamentos automáticos que são utilizados na etapa de amostragem de minérios apresentam custos relevantes e mão de obra qualificada para possíveis manutenções corretivas nesses equipamentos.

O presente trabalho tem como finalidade a construção de um amostrador de minério automático de baixo custo, simples operacionalidade e manutenção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Projetar e construir um amostrador automático de minério de baixo custo, simples operacionalidade e fácil manutenção.

2.2 Objetivo específico

- Projetar a estrutura do amostrador;
- Projetar o esquema elétrico do amostrador;

- Parametrizar o inversor de frequência para compor a automação do amostrador automático;
- Fazer o levantamento dos custos envolvidos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em tópicos, a saber: o beneficiamento de minério; amostragem; importância da amostragem; amostragem manual, amostragem por equipamentos.

3.1 BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO

Os minerais que são encontrados na natureza estão na sua forma bruta e para que possam ser utilizados em outras cadeias produtivas se faz necessário que seja feito o beneficiamento nesse minério a fim de modificar sua granulometria, forma ou a concentração sem que se altere a sua identidade química ou física. Esse processo visa no aumento da qualidade do minério, o concentrado, que será entregue as indústrias.

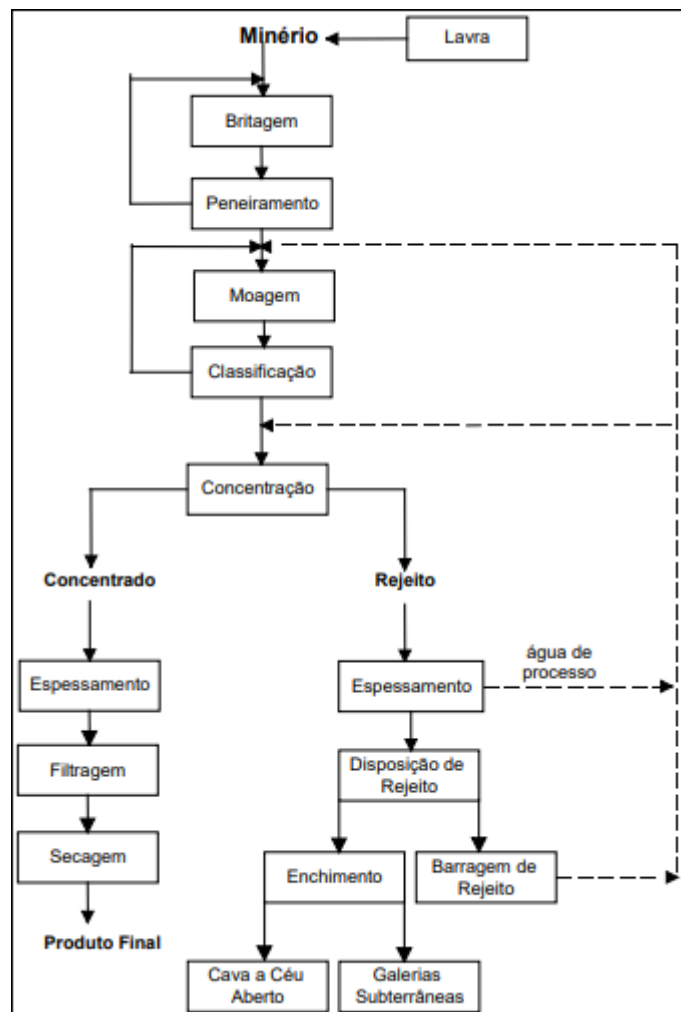
Minerais são compostos por substâncias inorgânicas e com composições químicas e propriedades físicas distintas e que são identificados na crosta terrestre, já o minério são todas as rochas que tenha na composição um único mineral ou mais minerais de valor econômico e que podem ser utilizados economicamente. Os minerais que tem valor econômico são denominados de minerais-minérios já o mineral ou o grupo de minerais que não têm valor econômico, e não são aproveitados, são chamados de ganga (LUZ, SAMPAIO E FRANÇA, 2010, p. 3).

A Figura 1 demonstra um característico fluxograma de beneficiamento de minérios, com recirculação de água. Por essas etapas que o minério bruto é submetido, que são chamadas de:

- Cominuição: britagem e moagem;
- Peneiramento e classificação;

- Concentração: gravítica, magnética, eletrostática, flotação, entre outras;
- Desaguamento: espessamento e filtração;
- Secagem: secador rotativo, spray dryer, secador de leito fluidizado;
- Disposição de rejeito.

Figura 1 - Fluxograma típico de tratamento de minério.



Fonte: Luz et al (2010)

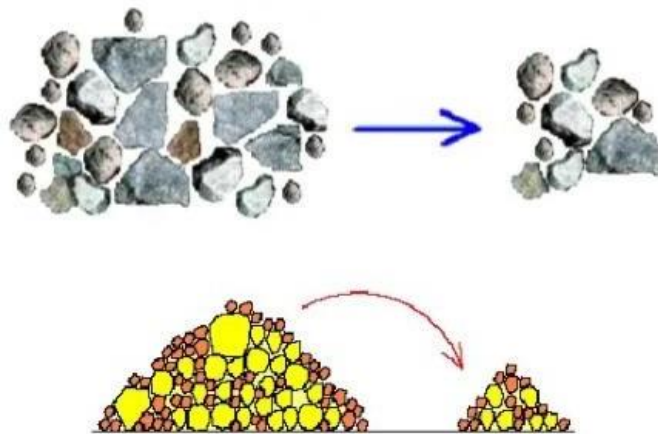
Todas as etapas que são aplicadas para a realização do processamento de um mineral incluem, porém, não se limita apenas a cominuição, concentração, separação por granulometria, separação sólido/líquido entre outras atividades que são executadas, tais como, transporte, amostragem e estocagem.

Essas operações aplicadas no beneficiamento do minério são executadas de forma conjunta e sequencial, a fim de se obter uma maior recuperação dos minerais profícuos que estão englobados no minério, além de se ter um produto que estará apropriado para o que as indústrias solicitam.

3.2 AMOSTRAGEM

Portanto a amostragem é uma operação que faz a seleção e inferência, pois, busca tirar conclusões sobre uma população, levando em consideração apenas uma parte dessa população. O erro de amostragem é quando se tem uma diferença entre o valor de certa propriedade de interesse na população e a pressuposição dessa propriedade na amostra (LUZ, SAMPAIO E FRANÇA, 2010, p. 23). A Figura 2 apresenta uma amostra representativa com as mesmas características do universo amostral.

Figura 2 – Representação em figura de uma amostragem.



Fonte: Pagina da Academia¹.

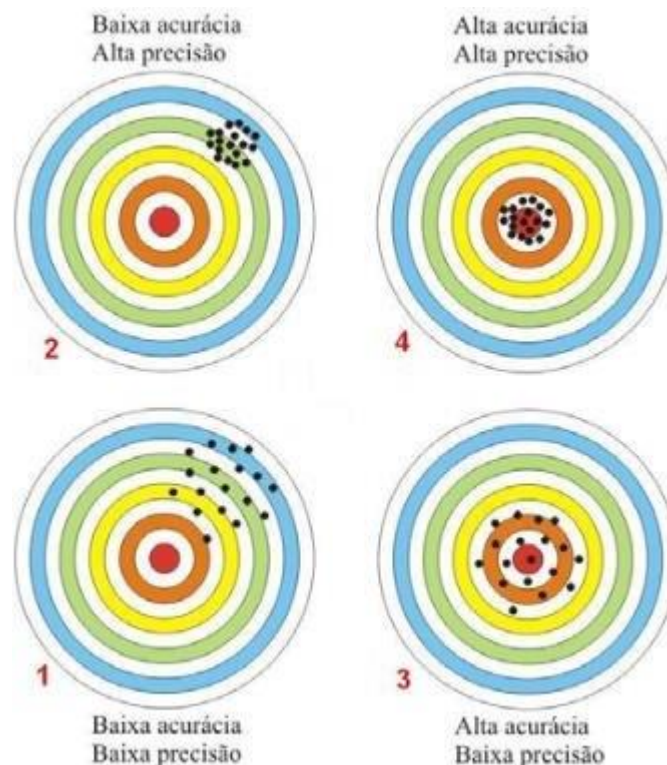
Com o passar dos anos as técnicas de amostragem vêm sendo aperfeiçoado na indústria de mineração, porém, ainda não é dado o devido valor e relevância que merece e é um setor frequentemente esquecido, onde, caso uma coleta é feita de

¹ Disponível em:< https://www.academia.edu/7802013/Introducción_al_Muestreo_Minero>. Acessado em agosto de 2021.

forma errada pode acarretar em severos erros sistemáticos. Isso causa como consequência em hesitações para aceitar os inúmeros produtos ou para relação entre custo e benefício a ser observada no procedimento usando o material em que a amostra é utilizada. Para que se tenha a qualidade da avaliação garantida se faz necessário que o processo de amostragem seja preciso e acurado, assegurando a representatividade. A acuracidade pode ser representada como a redução do erro sistemático da amostragem. Já a precisão é a medida da variabilidade nos resultados qualitativos que é alcançado no mesmo lote (OLIVEIRA E AQUINO, 2007, p.3-4).

A Figura 3 apresenta a performance de diferentes relações entre acurácia e precisão:

Figura 3 – Acurácia e precisão.



Fonte: Página do Professor Adenilson ².

² Disponível em: <<https://adenilsongiovanini.com.br/blog/precisao-e-acuracia-tudo-que-voce-precisa-saber-a-respeito/>>. Acessado em agosto de 2021.

No caso da indústria mineral, o controle de qualidade pode ser dividido em três etapas:

- Amostragem ou seleção da amostra;
- Preparação da amostra;
- Análise da amostra preparada.

Para Gy (1979, p7) a amostragem por diversas vezes é negligenciada por diversas pessoas que vai dos presidentes de empresas de mineração até as fabricantes de equipamentos e operadores de amostragem pois consideram a amostragem como sendo outra operação mecânica.

Conforme Grigorieff, Costa e Koppe (2002) uma boa estimativa do erro que o sistema de controle de qualidade produzirá tornou-se crítica para seu projeto para garantir a precisão e exatidão necessárias. Os resultados do controle de qualidade não devem ter desvios óbvios, assim como a variabilidade dos erros (aleatórios) não deve exceder o que é aceitável para as partes interessadas.

De acordo com Gupta e Yan (2016, p1) deve-se prestar atenção especial na prática de amostragem e grande esforço deve ser dedicado à teoria da amostragem e à análise estatística, a fim de quantificar o procedimento e quaisquer precauções a serem tomadas. Mas a amostra final é uma constância entre o que a teoria diz de como se deve implementar, o custo e a dificuldade de realmente se aplicar na prática.

A amostragem pode ou não ser probabilística. Na amostragem de probabilidade são aplicadas etapas para que seja garantida que se possa saber a probabilidade de que todos os elementos da população serão inclusos na amostra, sabendo que essa probabilidade é maior que zero. Este caso é o mais comum de operações de amostragem e a intenção principal é de obter amostras que sejam representativas de todo o universo. A amostragem não probabilística pode ser premeditada se caso seja realizada com propósitos específicos de quem está investigando, ou pode não

ser intencional, caso seja controlada por padrões de concordância e/ou de disponibilidade (OLIVEIRA E AQUINO, 2007, p7).

Uma das regras básicas da teoria de amostragem segue sendo ignorada por muitos padrões técnicos. Essa regra estabelece que todos os elementos que compõem o lote devem ter a probabilidade igual de ser coletada e compor a amostra que será utilizada para a efetuação do controle de qualidade. A amostragem que acompanha essa regra é classificada como estatisticamente correta. Dessa forma, é admissível estimar, a faixa de erro devido a fatores que estão relacionados à variabilidade do material particulado para qualquer resultado de controle de qualidade. Os esquemas de amostragem apontados como estatisticamente corretos, a partir de que sejam seguidos algumas cautelas de dimensionamento e operação, são os efetuados por trados e pelos amostradores automáticos que são úteis nas transportadoras de correia (GRIGORIEFF, COSTA E KOPPE, 2002).

Na indústria mineral a amostragem pode ser feita manual ou automaticamente, porém, os resultados que são obtidos através da amostragem automática têm uma confiança maior do que a amostragem que é feita de maneira manual, apesar de ser mais utilizada em tratamentos de minérios (OLIVEIRA E AQUINO, 2007, p – 12).

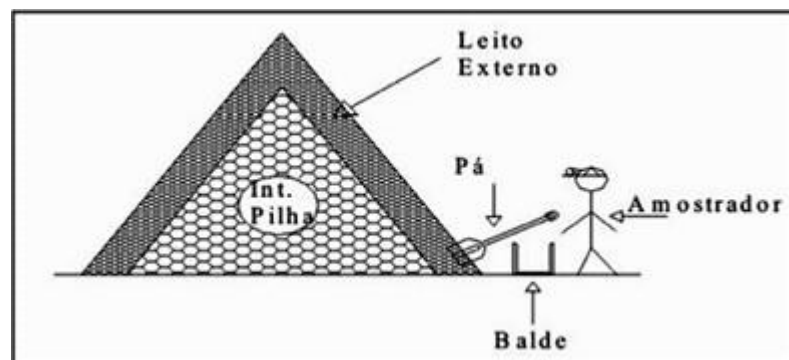
3.3 AMOSTRAGEM MANUAL

Segundo Oliveira e Aquino (2007, p.12-13). As técnicas de amostragem manual podem ser realizadas com materiais em movimento ou estáticos. Apesar de serem amplamente empregadas na indústria mineral, essas técnicas são pouco recomendáveis, visto que são habitualmente vinculadas a uma sequência de pequenos erros, tais como:

- Variação no intervalo de tempo de coleta das amostras ou incrementos;
- Variação na velocidade de coleta dos incrementos;
- Perda de partículas durante a coleta dos incrementos;
- Contaminação por material diferente e heterogeneidade do material;
- Segregação localizada do material.

Uma amostragem manual em pilha é efetuada através do uso de uma pá, sendo coletadas as partículas que se posicionadas nas porções mais superficiais da pilha (Figura 4). A incompatibilidade entre este método de amostragem e a teoria de amostragem é que ele não é probabilístico porque assume que as partículas estão na fração inferior da pilha e, portanto, inalcançáveis pela pá, apresentem exatamente conforme as características de qualidade das partículas posicionadas na superfície (GRIGORIEFF, COSTA E KOPPE, 2002).

Figura 4 – Amostragem manual.



Fonte: Grigorieff et al. (2002)

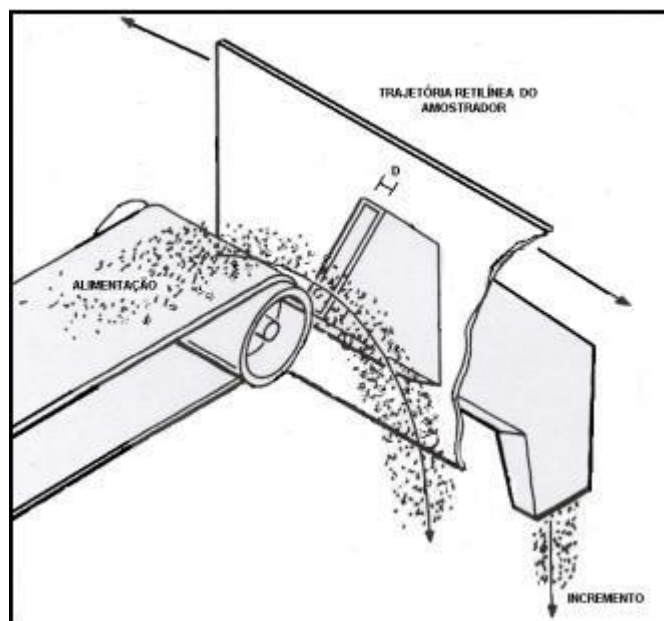
Conforme Oliveira e Aquino (2007, p-13) apesar de a amostragem automática ser mais confiável, ainda é utilizada comumente a amostragem manual na industrial mineral, pelo fato de ser mais barato, em função do valor elevado dos amostradores automáticos. Lembrando-se que por haver limitações, os métodos de execuções devem ser os mais criteriosos possíveis, de maneira que possa permitir o resultado de amostras com erros estatisticamente aceitáveis.

3.4 AMOSTRAGEM AUTOMATIZADA

O sistema de amostragem automatizada é uma ferramenta utilizada para realização de amostragem, porém com uso de equipamentos autônomos, programados para executar a coleta de uma massa definida e para isso é ajustado á velocidade, horário e intervalos de coleta.

Amostradores com a trajetória retilínea, que são os mais comuns, necessitam de ter arestas retas, paralelas, simétricas em associação ao seu eixo e de espessura constante. O amostrador cessa o escoamento de minério e faz a coleta de um incremento para constituir uma amostra conforme a Figura 5 (LUZ, SAMPAIO E FRANÇA, 2010, p-35).

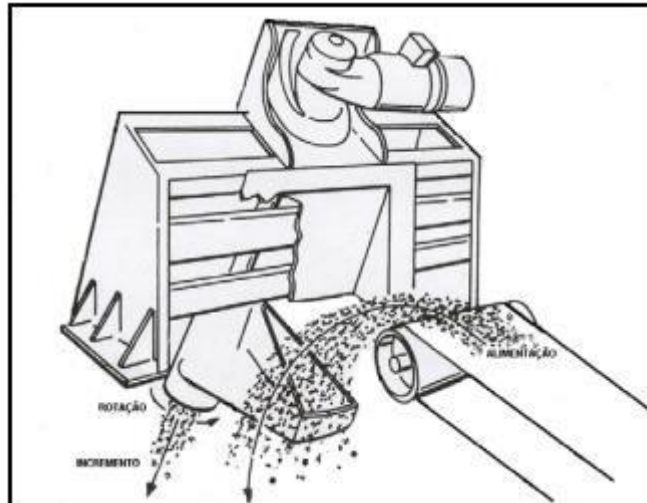
Figura 5 – Amostrador com trajetória retilínea.



Fonte: Luz et al (2010)

Os amostradores com trajetória circular possuem aberturas radiais que cortam o fluxo de minério, coletando um incremento para a composição de uma amostra.

Figura 6 – Amostrador com trajetória circular.



Fonte: Luz et al (2010)

O amostrador com a trajetória circular como o amostrador com a trajetória circular devem se mover perpendicular ao eixo de escoamento, por meio de uma partição total do escoamento com uma velocidade constante, e conter uma quantidade de no mínimo três vezes maior que o volume do incremento da amostra, para que não ocorra o vazamento (LUZ, SAMPAIO E FRANÇA, 2010, p. 35 - 36).

3.5 AUTOMAÇÃO

Segundo Roggia e Fuentes (2016, p.17-18) de forma sucinta, constatamos que a automação industrial é possível ser desmembrada em duas categorias quanto aos modelos de processos que são: processos contínuos e processos de manufatura. Nos procedimentos da manufatura são os que têm uma grande movimentação mecânica de partes.

O melhor exemplo é o que temos na indústria automobilística. Pois na linha de montagem, se têm incluso robôs soldadores, correias transportadoras entre outros sistemas que são utilizados. Na fabricação, as grandezas, mas corriqueiros são o deslocamento, a força e a velocidade.

No caminho inverso dos processos de manufatura, observamos que os processos contínuos são definidos pela escassa movimentação mecânica de partes. Um

exemplo é a estação de tratamento de água na qual as grandezas que são mais comuns durante os processos contínuos são a vazão, pressão e a temperatura.

De acordo com Vilela e Vidal (p.2, 2003) O controle automático que é utilizado nos processos contínuos, com a hegemonia de medição, controle PID, que são as siglas para, proporcional, integral e derivativo, o sistema de controle aplicado é o Sistema Digital de controle Distribuído, que é aplicado a grandes plantas ou o controlador de loop único, que são utilizados para simples aplicações e onde não possuem muitas malhas. Caso o controle automático seja designado para exercer a fiscalização do processo, abrangendo os serviços de alarme e intertravamento o sistema de controle utilizado é o CLP, Controlador Lógico Programável. A automação é empregada em um procedimento discreto e em lote, na qual existe uma alta operação lógica de desligar e ligar e controlar sequencia.

3.6 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Conforme Côrtes (2010, p-29) com o aprimoramento da Eletrônica de Potência proporcionou-se a evolução de conversores de frequência com instrumento de estado sólido, no principio com os tristores e nos dias atuais estamos na era dos transistores, mais exclusivamente IGBT, que é conhecido como o transistor bipolar de porta isolada. O processo de conversão é um pouco mais antigo que os inversores atuais, e eles eram aplicados para fazer a conversão de 60 Hz da rede em uma frequência menor, tinha-se uma conversão CA-CA, visto que os inversores utilizavam a conversão CA-CC e finalmente em CA outra vez.

Nos dias atuais se faz necessário a redução de custos e o aumento de produção, mediante a essa perspectiva surgiu á automação, mediante a isso um grande leque de equipamentos foram criados para as mais inúmeras variedades de utilizações e em campos indústrias. Um dos dispositivos mais recorrido nesses processos simultaneamente com o CLP é o Inversor de Frequência, que é um dispositivo versátil e dinâmico.

Ainda conforme Côrtes (2010, p-30) nas indústrias o controle de velocidade de motores elétricos é largamente aplicado dependendo do processo de fabricação. Até

alguns anos atrás esses problemas eram solucionados com a utilização de motores de corrente contínua quando o controle de velocidade constante era necessário. No entanto, com a iniciação da eletrônica de potência, dispositivos adequados chamados inversores ou conversores de frequência que incorporam microeletrônica foram criados para possibilitar o uso de motores de indução com o rotor em curto-circuito em troca aos motores de corrente contínua.

Segundo Capelli (2002, p-9) a incumbência do inversor de frequência é igual ao do conversor CC, ou seja, ajustar a velocidade de um motor elétrico conversando seu torque (conjugado). A oposição agora será o tipo de motor a ser usado. Os inversores de frequência foram destinados para funcionar com motores AC.

O motor AC tem uma sequência de benefício sobre o DC:

- Baixa manutenção;
- Ausência de escovas comutadoras;
- Ausência de faiscamento - baixo ruído elétrico;
- Custo inferior;
- Velocidade de rotação superior.

Tais vantagens fizeram com que a indústria desenvolvesse uma técnica que tem a capacidade de inspecionar a potência, velocidade mais torque, de um motor AC.

4. METODOLOGIA

4.1 PROJETO DA ESTRUTURA FÍSICA DO AMOSTRADOR

4.1.1 Materiais

Para a confecção da estrutura do amostrador, foram utilizados tubos industrial retangular o metalon para ser á base do amostrador, 1 (uma) cremalheira, também foram utilizadas duas cantoneiras paralelas para servi de suporte da placa de aço,

na qual foram introduzidos 4 (quatro) roldanas com o intuito de que a placa de aço possa conseguir se mover sobre as cantoneiras. A placa de aço foi utilizada como o apoio do motorreductor que tem a potência de 0,33 de HP e também para ser o suporte do coletor que tem a abertura regulável de 4 (quatro) centímetros, e pudesse fazer o percurso de ida e volta. A parte elétrica que foi utilizada no amostrador é composta por um inversor de frequência e um rele temporizador digital programável, 2 (duas) chaves fim de curso, além de oito metros de cabo comando PP 3 (três) vias 2,5mm.

4.1.1.1 Estruturas Metálicas

Na parte das estruturas metálicas para a confecção do amostrador foram utilizados metalon, cantoneiras, roldanas, cremalheira, placa de aço para ser à base do motor e suporte do coletor, que é um compartimento quadrado de metal.

4.1.1.2 Motorreductor

O motorreductor que foi utilizado no amostrador tem as especificações a seguir:

- Tensão 220 V;
- Corrente 1,56 A;
- RPM 1.110;
- Frequência 60 Hz;
- Potência de 0,33 HP;
- Fator de potência 0,64.

Figura 7 – Motorreductor idêntico ao que foi utilizado no amostrador.



Fonte: Página do Mercado Livre ³.

4.1.1.3 Inversor de Frequência

O inversor de frequência que foi aplicado no amostrador é o inversor da marca WEG e o modelo CFW 100 e suas especificações são:

- Tensão de alimentação 100-127 ou 200-240 V monofásica;
- Corrente nominal de saída 1,6 a 4,2 A;
- Máximo motor aplicável 0,25 cv a 1 cv 4,2 A (1 cv);
- Controle vetorial (VVW) ou escalar (V/F);
- SoftPLC;
- Software de programação WPS gratuito.

Figura 8 – Imagem de um inversor de frequência.

³ Disponível em <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1627018231-motoredutor-q30-c-motor-14cv-trif-red-130-_JM>. Acesso em agosto de 2021



Fonte: Página da WEG ⁴.

4.1.1.4 Relé Temporizador Digital Programável

O Relé Temporizador Digital Programável que foi utilizado para compor a construção do amostrador foi do tipo Relé Temporizador Digital Ajustável Delay Timer e o modelo é 35238-MP e suas especificações são:

- Carga nominal: 10A 250VAC/ 10A 125VAC/ 10A 30VDC/ 10A 28VDC;
- Alimentação do Módulo: 6 a 30VDC;
- Tempo de ajuste: 0,1 a 99,9 segundos, 1 a 999 segundos e 1 a 999 minutos;
- Saídas: Contato reversível NA (normal aberto), NF (normal fechado), C (comum);
- Corrente por canal: até 10A;
- Módulo Temporizador Ajustável;
- Sistema de Disparo através de Relé;
- Entrada Micro USB para alimentação;
- Sete Níveis diferentes de configuração;
- Cada modo P1, 2, 3 e 4 com diferentes características;
- Botões para ajuste de configuração;
- Display 3 dígitos para verificação de informações;
- Dispensa a utilização de microcontroladores.

⁴ Disponível em: <<http://www.servicedrive.com.br/wp-content/uploads/Catalogo-CFW100-ServiceDrive-19-3012-6360.pdf>>. Acesso em agosto de 2021.

Figura 9 – Imagem de um Rele Temporizador Digital Programável.



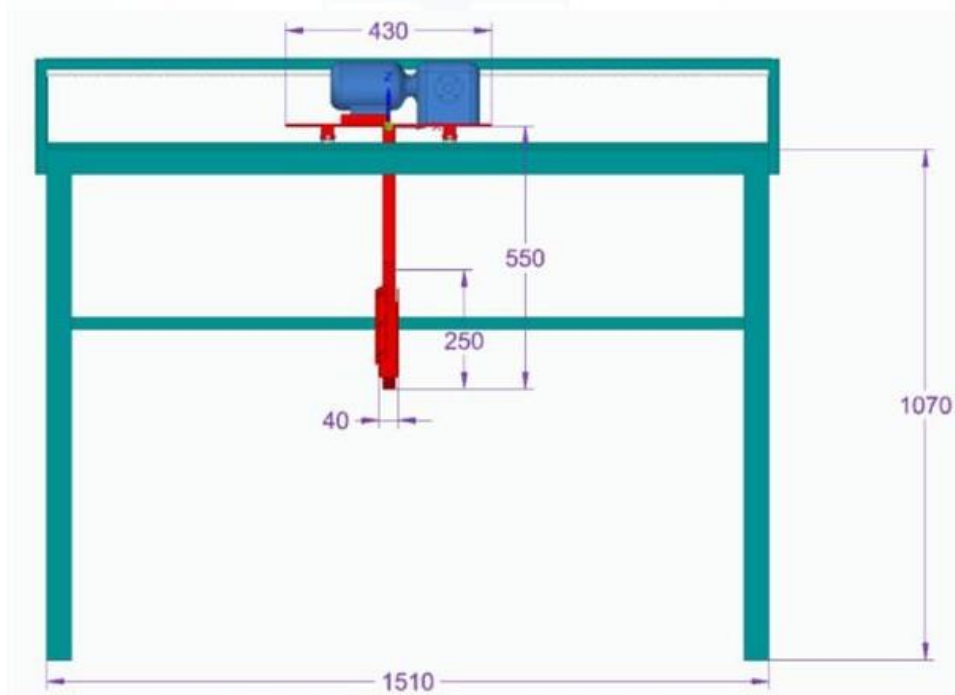
Fonte: Página do Mercado Livre ⁵.

4.1.2 Projeto Estrutural do Amostrador

Para a construção do amostrador, foi projetado em AutoCAD o aspecto estrutural com medidas e vista frontal, superior e 3D conforme as Figuras abaixo 10,11 e 12:

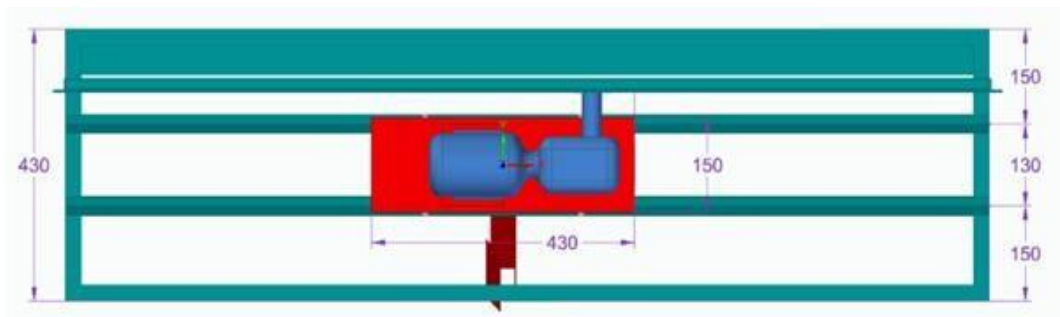
Figura 10 – Vista frontal do protótipo do amostrador.

⁵ Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1939965340-timer-temporizador-chocadeirarolagemovosprogramavelrele_JM#position=11&search_layout=stack&type=item&tracking_id=4fb65828-9537-4227-b4fe-217d941f43bb>. Acesso em agosto de 2021.



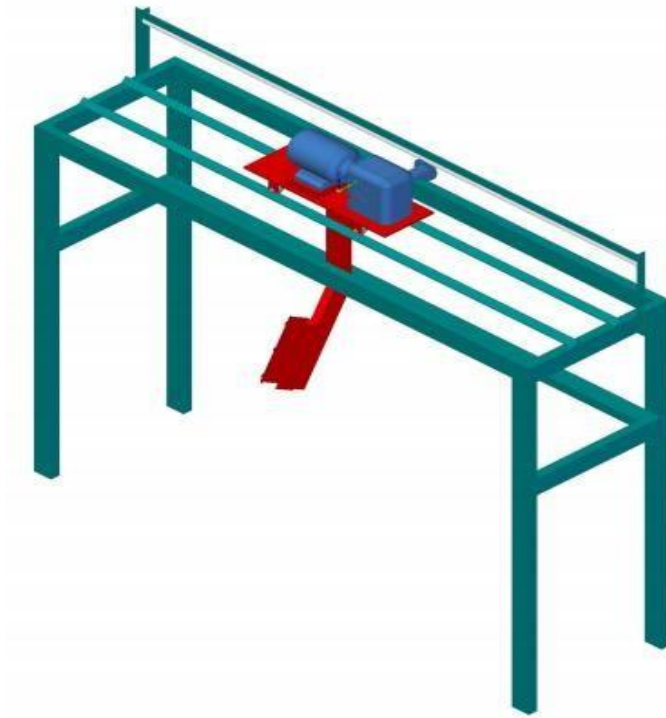
Fonte: Autor (2021)

Figura 11 – Vista superior do protótipo do amostrador.



Fonte: Autor (2021)

Figura 12 – Imagem do protótipo do amostrador.



Fonte: Autor (2021)

4.2 PROJETO ELÉTRICO DO AMOSTRADOR

Para a parte elétrica do amostrador foi utilizado um inversor de frequência da marca WEG modelo CFW 100, que tem como função alterar a frequência de rede que alimenta o motorreductor, com isso o motorreductor irá ter frequências diferentes da que é dada pela rede, com isso pode-se facilmente alterar a velocidade de rotação do motorreductor com mais eficiência. Também foram utilizadas duas chaves fim de curso, que é um dispositivo eletromecânico que sua função é indicar que o motorreductor chegou ao fim do seu percurso.

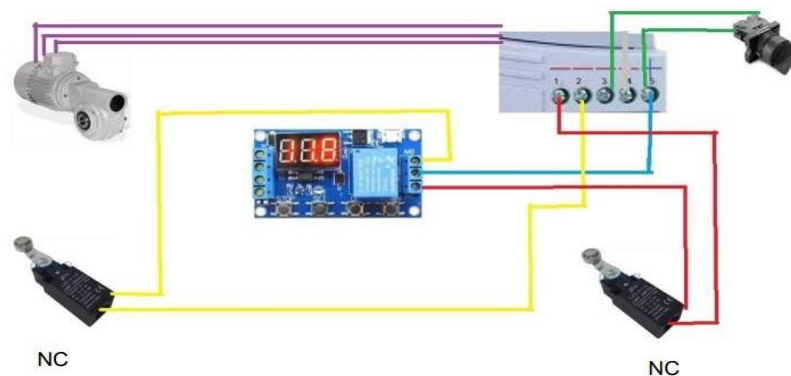
O esquema elétrico que compõe o amostrador foi construído da seguinte forma:

- Sentido de avanço: Saída cinco (5) do inversor percorre até a entrada comum do temporizador. Saindo pelo NC (Normal Fechado), ele percorre até a entrada na chave fim de curso. Saindo na chave fim de curso ele percorre até a entrada número um (1) do inversor.

- Sentido de retorno: Saída cinco (5) do inversor percorre até a entrada comum do temporizador. Saindo pelo NO (Normal Aberto), ele percorre até a entrada na chave fim de curso. Saindo na chave fim de curso ele percorre até a entrada número um (2) do inversor.
- Chave Geral: Saindo do cinco (5) e percorre até chegar na chave seletora que irá chegar no três (3) do inversor e fará a habilitação de funcionamento do equipamento.
- Conexão do Motorreductor: Para conectar o motorreductor foram utilizadas as saídas U,V,W do inversor.
- Conexão do Inversor: Para conectar o inversor foram utilizadas as saídas L1 e L2 do inversor com uma tensão de 220V.

Na Figura 13 abaixo é apresentada o esquema elétrico que foi utilizado na composição do amostrador.

Figura 13 - Esquema elétrico do comando do amostrador.



Fonte: Autor (2020)

4.2.1 Parametrização do Inversor

Para que fizéssemos a parametrização do amostrador foi empregado um inversor de frequência, onde o mesmo contém quatro botões que são utilizados para definirmos as configurações.

Primeiro parâmetro – Pressionamos uma tecla para que pudesse credenciar a entrada do parâmetro. Posteriormente acionamos as teclas de seta para que conseguíssemos estabelecer o valor do parâmetro, que conseguimos observar pelo visor. Quando o valor desejado é encontrado, basta clicar na tecla de entrada e o valor será fixado.

O segundo parâmetro - com um novo toque na tecla, habilita-se a entrada de novo parâmetro. Em seguida, usasse a seta novamente para encontrar seu valor e tornado fixo.

4.2.1.1 Informações do motorreductor

DADOS DO MOTORREDUTOR:

- P204 = 5 (Padrão de fábrica);
- P400 = 220 (Tensão);
- P401 = 1,56 (Corrente motorreductor);
- P402 = 1110 (RPM);
- P403 = 60 (Hz);
- P404 = 2 (0,33 HP) Potência do motorreductor;
- P407 = 0,64 (Fator de potência).

Os dados do motorreductor são de suma importância para que se possa informar ao inversor quais são as especificações do motorreductor, que está disposto na placa do próprio motorreductor.

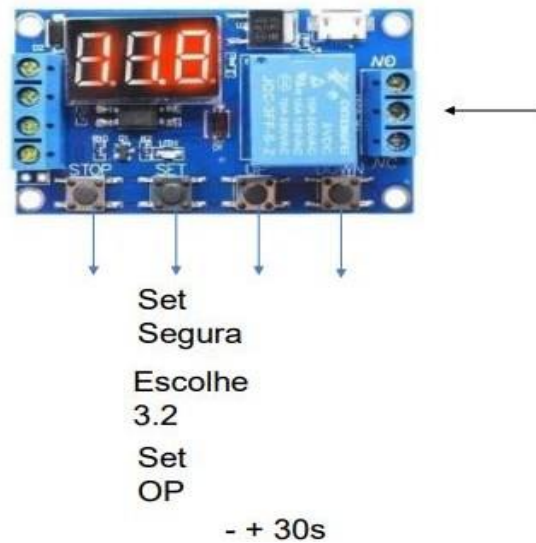
4.2.1.2 Parametrização do Inversor – Avanço, Retorno e Giro

- P263 = 4 (Avanço) DI1;
- P264 = 5 (Retorno) DI2;
- P265 = 1 (Gira / Para) DI3;
- Condições para Avanço e Retorno Avanço;
- P224 = 1 e P223 = 4;

- Retorno P224 = 1;
- P002 = 40Hz (Velocidade).

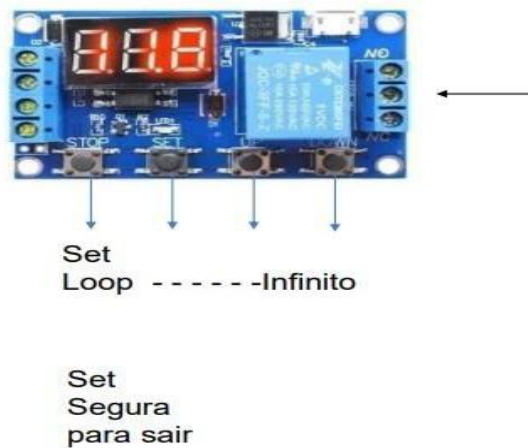
4.3 PARAMETRIZAÇÃO DO RELE TEMPORIZADOR DIGITAL PROGRAMAVEL

Figura 14 – Rele temporizador programável esquema de programação.



Fonte: Autor (2020)

Figura 15 – Esquema do rele temporizador para executar várias vezes.



Fonte: Autor (2020)

Para fazer a ligação do temporizador, pode ser utilizado duas fontes, uma de 12V comum ou uma fonte de celular (5V)

Na parte esquerda do rele encontra-se a entrada de energia que está entre 6V e 30V, a primeira entrada de cima para baixo é o positivo, a segunda entrada é o negativo (GND), a terceira e quarta entradas são os Trigger's.

Já no lado direito encontra-se os terminais de saída do rele, a primeira saída de cima para baixo se tem o Normalmente aberto (NO), a saída do meio se tem o comum (Com) e a ultima saída se tem o Normalmente Fechado (NC).

Para se fazer a programação basta pressionar e segurar o botão SET, que é o segundo botão, da esquerda para a direita, que se encontra na parte inferior do equipamento, com isso, irá aparecer no visor, a letra P juntamente com o numero 1.1, com o auxilio dos botões seguintes, UP e DOWN irá selecionar a função que será utilizada, após a escolha basta pressionar novamente o botão SET.

Agora irá aparecer no visor OP (Open), que é o tempo que o motor irá permanecer ligado, após a escolha do tempo, basta clicar novamente no botão SET.

Posteriormente no visor ira aparecer CL (Close), que é o tempo que ficará desligado, depois de se fazer a escolhe de tempo, basta pressionar novamente o botão SET.

O próximo nome que aparecerá no visor será LOP, o qual marcará a quantidade de vezes que o ciclo irá se repetir.

4.4 CUSTOS

Como parte essencial do projeto, foi construída uma planilha onde foram lançados os materiais envolvidos na construção, bem como a quantidade de item, unidade e valores, a tabela foi criada em agosto de 2021 e atualizada no dia 5 de setembro (Tabela 1).

Tabela 1 – Custos envolvidos no processo de construção do amostrador.

Materias	Unidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Metalon	11 Metros	109,94	219,88
Cremalheira	2 Metros	35,91	35,91
Chave fim de curso	2 Unidades	64,90	64,90
Cantoneira	3 Metros	56,99	56,99
Roldana	4 Unidades	38,91	155,64
Placa de aço	1 Unidade	187,73	187,73
Inversor de frequência	1 Unidade	691,21	691,21
Rele Temporizador	1 Unidade	30,00	30,00
Cabo PP / 2,5 mm 3 vias	8 Metros	6,90	55,20
Motorreductor	1 Unidade	1.224,50	1.224,50
Valor Total	-	-	2.721,96

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a confecção da estrutura do equipamento, montagem elétrica e toda parametrização, tanto da placa quanto do inversor, o amostrador foi submetido a um teste de amostragem, no laboratório de beneficiamento do ifes, com uma vazão de minérios criada por um alimentador vibratório. Com isso o equipamento conseguiu executar a amostragem sem nenhum problema.

A Figura 16 apresenta o resultado do protótipo do amostrador linear construído.

Figura 16 – Amostrador construído.



Fonte: Autor (2021)

O custo envolvido total do projeto foi de 2.721,96, o que representa um valor muito baixo em relação a custos com sistemas mais complexos em amostradores comercializados no mercado.

6. CONCLUSÃO

Todos os objetivos foram alcançados plenamente, pois o amostrador se mostrou funcional, respondendo os comandos elétricos e execução da amostragem. Com isso foi observado que não é necessário grande investimento para que se tenha um equipamento de amostragem, além disso, o equipamento se mostrou prático, fácil de operar e de baixa manutenção. A parte de programação é simples e não se faz necessário grande conhecimento técnico para operar o equipamento.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, N.C; **INSTITUTO NCB.** Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/176-automacao/automacao-industrial/5443-mec125>>. Acesso em 2021.
- Capelli, Alexandre. **Inversores de Frequência.** Disponível em: <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/Inversores.pdf>. Acesso em 2021.
- CÔRTEZ, Douglas Machado. **Aplicação de Inversores de Frequência em Motores Elétricos de CA** – Projeto de graduação em Engenharia Elétrica – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil). 2010. 128p.
- Escola da Vida.** Disponível em: <http://escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_12009/Inversores_de_Freq_uencia.pdf>. Acesso em 2021.
- GRIGORIEFF, Alexandre; COSTA, João Felipe C.L; KOPPE, Jair. **O problema de amostragem manual na indústria mineral** – Artigo de periódico. 2002. p. 229-233.
- GUPTA, Ashok; YAN, Denis. **Mineral processing design and operations: An Introduction** – Segunda Edição. 2. ed. Elsevier. 2016. 882p.
- GY, Pierre Maurice. **Sampling of Particulate Materials: Theory and Practice** – Primeira Edição. 1. ed. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 1979. 450p.
- LUZ, Adão Benvindo; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Sílvia Cristina Alves. . **Tratamento de Minérios** - Quinta Edição. 5. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI, v. 1. 2010. 963p.
- OLIVEIRA, Maria Lúcia Magalhães de; AQUINO, José Aury de. . **Amostragem.** IN: Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2007. p. 3-34.
- ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial** – Santa Maria – RS: Colégio Técnico Industrial/UFSC. 2016. 102p.
- VILELA, P. S. da Câmara; VIDAL, F. J. Targino. **Automação Industrial** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2003.