



**Artigo traz análise sobre
a melhoria da madeira
para construção civil
a partir de espécie
de eucalipto melhorada**



Instituto Politécnico da Bahia

Politécnica

Ano 11 Edição Quadrimestral Agosto de 2019 ISSN 1809 8169

30E

*cabelos escuro, anelado,
Olhos brandos e serenos,
Nariz bem perfilado
o nariz de Venus,*

*set! las de rosa
rentes marfim,
e formosa,
te outra assim!*

*delicada,
ntos não têm par.
a minha Amada,
do meu lar!*

**José Lourenço,
um mestre à frente
do seu tempo**

O mês de julho de 2019 marca os 123 anos do IPB - Instituto Politécnico da Bahia - e a continuidade da busca pela consecução de seus objetivos.

O IPB, através da AGENDA DE DESENVOLVIMENTO BAHIA - A Engenharia como propulsora do desenvolvimento econômico e social, tem realizado um trabalho voltado para as necessidades da sociedade baiana e brasileira, sendo essa edição de 2019 fortemente voltada para a interiorização do conhecimento, com a efetiva participação dos Municípios e Consórcios Intermunicipais, além de uma interação cada vez maior com os estudantes das ciências da Engenharia.

O Fórum deste mês - nominado PROF. LOUREÇO DE ALMEIDA COSTA - teve como tema A Geração de Energia Elétrica para estabelecimentos Industriais e Agrícolas de Pequeno e Médio Porte e foi realizado no Espaço Cultural Arlindo Fragoso, na Escola Politécnica da UFBA, no dia 11 de Julho de 2019, com forte participação de alunos, docentes e de gestores públicos e privados. Na realização do evento, o IPB contou com o apoio de seus grandes parceiros: a Escola Politécnica da UFBA, o CREA-BA, a APUB e o SENGE-BA.

Prof. Lourenço Costa, homenageado nesse Evento, foi um profissional a frente do seu tempo e que, entre suas várias realizações, fundou o Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia. A Coordenação Geral do evento coube ao professor Kleber Freire, do Departamento de Engenharia Elétrica e a supervisão da equipe do IPB coordenada por sua Diretora Administrativa, Ramile Pinto e seu adjunto, Carlos Alberto Mattos. A parte artística do evento ficou a cargo do CORAL POLIVOZ.



Revista do Instituto Politécnico da Bahia
Fundado em 1896
Ano 11
Edição Quadrimestral
Agosto de 2019
ISSN 1809 8169

30E

Nessa edição 30-E, a Revista Politécnica preserva sua abordagem politécnica, apresentando em seu escopo artigos de diversas áreas da engenharia, além de uma Comunicação Técnica de interesse atual e um artigo de caráter Memorialista.

Um fato a ser destacado nessa edição é o Registro do IPB junto ao sistema CONFEA/CREA para fins de parcerias com entidades, obtido com aprovação unânime dos Conselheiros do CONFEA, em sua Sessão Plenária Ordinária 1.499, formalizada através da Decisão Plenária N° 1094/2019 - Referência: Processo n° 1748/2017 - Homologa o registro para fins de parcerias da entidade de classe denominada Instituto Politécnico da Bahia - IPB no Crea-BA.

Em outubro, o IPB realiza mais um evento da AGENDA DE DESENVOLVIMENTO BAHIA, o FÓRUM HILDERICO PINHEIRO DE OLIVEIRA, sob a Coordenação Geral do professor e engenheiro Adailton de Oliveira Gomes.

A todos, uma boa leitura!

REVISTA POLITÉCNICA**Fundador**

JOSÉ GÓES DE ARAÚJO

Coordenadora

CRISTINA DE ABREU SILVEIRA

Colaboradores

JURANDYR SANTOS NOGUEIRA
ANAILDE PEREIRA ALMEIDA
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA

DIRETORIA DO IPB**Presidente**

LENALDO CÂNDIDO ALMEIDA

Vice-Presidente

ADEMIR FERREIRA DOS SANTOS

Diretor Administrativo

RAMILE DANIELE PINTO RAIMUNDO

Diretor Financeiro

DEOLINDO ZOCATELI

Diretor de Negócios Empresariais

PAULO EDUARDO SCOPPETA SAMAPAIO

Diretor de Programa e Projetos Governamentais

EDUARDO RAPPEL

Diretor de Tecnologia, Pesquisa e Capacitação

ISAAC QUINTINO FERREIRA

Assessorias da Presidência

ANAILDE PEREIRA ALMEIDA
ADEMARIO SPINOLA
HEYDE VIVEIROS MAIA
JOSÉ EDUARDO LIMA BARRETO

CONSELHO FISCAL

ANTONIO CLODOALDO DE ALMEIDA NETO
ERONILDES DOS SANTOS
LUIZ ANÍBAL OLIVEIRA

Suplentes

HEBERT OLIVEIRA
RAYMUNDO JOSÉ GARRIDO

CONSELHO DELIBERATIVO**Presidente**

CAIUBY ALVES DA COSTA

Vice-Presidente

ADAILTON DE OLIVEIRA GOMES

Secretário

ASTHON JOSÉ REIS D'ALCANTARA

Conselheiros

ADINOEL MOTTA MAIA
ALBERTO ELOY GOES DE ARAÚJO
ANA HELENA HILTNER DE ALMEIDA
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA
EDGAR NUNES DE ALMEIDA
EMMANUELLE MARIMPIETRI

GETÚLIO LINS MARQUES
GEORGE GURGEL DE OLIVEIRA
ITAMAR BARRETO PAES
JOSE BAPTISTA DE OLIVEIRA JR.
SILVIO CARLOS GALLO SAMPAIO
SILVINO SILVA BASTOS

Membros Natos do Conselho Deliberativo

CAIUBY ALVES DA COSTA
ERUNDINO POUSADA PRESA
JOSÉ ROGÉRIO DA COSTA VARGENS
LUIS EDMUNDO PRADO DE CAMPOS
MAERBAL BITTENCOURT MARINHO
MAURICIO FRANCO MONTEIRO

CÂMARAS ESPECIALIZADAS**Câmara de Tecnologia e Desenvolvimento**

ALBERTO ELOY GÓES DE ARAUJO
ANA HELENA HILTNER DE ALMEIDA
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA
JOSE BAPTISTA DE OLIVEIRA JR.
GETÚLIO LINS MARQUES
SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS

Câmara de Planejamento Estratégico

ADINOEL MOTTA MAIA
EDGAR NUNES DE ALMEIDA
GEORGE GURGEL
SILVIO CARLOS GALLO SAMPAIO

Câmara de Economia e Finanças

ASTHON JOSÉ REIS ALCANTARA
ITAMAR BARRETO PAES
EMMANUELE MARINPIETRI

CONSELHO EDITORIAL

ADEMAR NOGUEIRA NASCIMENTO
ANAILDE PEREIRA ALMEIDA
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA
JOÃO AUGUSTO LIMA ROCHA
JURANDYR SANTOS NOGUEIRA
KLEBER FREIRE DA SILVA

REALIZAÇÃO

CASA DO VERSO

DIRETOR RESPONSÁVEL

ANTONIO PASTORI

PROGRAMAÇÃO VISUAL

ANTONIO PASTORI

EDIÇÃO

CRISTINA MASCARENHAS

JORNALISTA RESPONSÁVEL

CRISTINA MASCARENHAS - MTB 1957

Os textos assinados e aqui publicados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, podendo não representar a opinião do Conselho Editorial ou mesmo da Diretoria do IPB. A publicação das fotos e ilustrações desta edição são de responsabilidade da Casa do Verso com a devida publicação dos créditos dos seus autores.

02

Editorial**Influência dos defeitos no comportamento da linha de ruptura no ensaio de compressão em Eucalipto Urofila Jovem**

*Telma Lira Caldas da Silveira
Antonio Ribeiro Santos Junior
Michel Franklin de Almeida Lopes
Sandro Fábio César*



05

Compensação do desequilíbrio de correntes em cabos singelos conectados em paralelo

Jayme N. Sarmento



14

Medição de arraste de água em Caldeira Flamotubular

Edgar Nunes de Almeida



19

Comunicação Técnica: Manutenção em pequenas empresas - uma abordagem geral

Clélio Souza



24

**Especial:
Professor José Lourenço de Almeida Costa,
um homem à frente do seu tempo**

Caiuby Alves da Costa



44

Notícias: Um ano repleto de realizações para o Instituto Politécnico

Influência dos defeitos no comportamento da linha de ruptura no ensaio de compressão em Eucalipto Urofila Jovem

*Telma Lira Caldas da Silveira
Antonio Ribeiro Santos Junior
Michel Franklin de Almeida Lopes
Sandro Fábio César*

Resumo: Este trabalho avaliou o efeito da presença de defeitos de diferentes naturezas no comportamento das linhas de ruptura e o impacto no valor da sua carga de ruptura, quando submetidas ao ensaio de compressão paralela às fibras realizado em laboratório. A madeira utilizada foi de uma espécie melhorada de eucalipto jovem de modo a verificar a possibilidade do uso na indústria da construção civil.

Palavras Chave: agronegócio, particularidades, políticas públicas.

Abstract: This study evaluated the effect of the presence of defects of different nature in the behavior of break lines and the impact on the value of its breaking load, when subjected to parallel compression test the fibers performed in the laboratory. The timber used was an improved kind of young eucalyptus order to verify the possibility of use in the construction industry.

Keywords: Eucalipto urophylla, wood physical properties, wood defects, break lines.

1. Introdução

O Brasil apresenta clima favorável para a produção de floresta plantada, onde o estado da Bahia ocupa o quinto lugar dos principais produtores, com 671 mil hectares de área plantada, dos quais 81% são florestas de eucalipto certificadas. A Bahia destaca-se pela maior produtividade mundial na produção de eucalipto, alcançando 42m³/ha/ano, cuja produção está direcionada principalmente para a fabricação de

celulose, celulose solúvel e papel, onde envolve cerca de 8% do número das empresas da indústria de base florestal. Outro fator a observar é o saldo entre produção e consumo estadual sinalizando o potencial de desenvolvimento da indústria de peças de madeira para a construção civil, móveis e painéis, aonde o mercado interno está sendo suprido por produtores de outros estados ABAF (2015).

Neste artigo são abordados aspectos inerentes à dinâmica desse macrossetor, que figura como terceiro maior exportador agrícola mundial, atrás de EUA e União Europeia e que cresce a uma taxa média anual de mais de 9%, realçando-se sua importância e interdependência com o conjunto da economia, os reflexos no desempenho dos negócios e o que se espera das instâncias de Governo, para garantir a sua reprodução.

O gênero predominante nas florestas plantadas no Bahia é o eucalipto que apresenta boa capacidade de adaptação a diversos tipos de solo. A aplicação de inovações tecnológicas tanto na produção de mudas quanto no manejo florestal, permite que sejam implantadas florestas em regiões com restrições hídricas e nutricionais. Seu cultivo apresenta vantagens, podendo ser utilizado em plantio de áreas degradadas por erosão ou pastagem, promovendo a fertilidade do solo por meio da folhagem que cai naturalmente ou pela deposição dos galhos, cascas e folhas durante o manejo. A plantação de eucalipto convive com as culturas de subsistência e gado permeando pela floresta, o que possibilita que os pequenos e médios agricultores sejam fornecedores para a indústria da base florestal utilizando ou não o fomento industrial. Esse formato alterou o modelo de grandes latifúndios originalmente adotado pelas empresas de fabricação de celulose, que provocou tensões sociais, quando os pequenos e médios produtores vendiam sua propriedade rural e imigravam para o centro das cidades. (VITAL, 2007) (OLIVEIRA et al., 2006).

Esses agricultores podem ter a sua produção de eucalipto também direcionada para a indústria da construção civil, principalmente nas regiões nordeste e sul da Bahia, onde estão implantadas grandes plantações associadas à indústria de celulose e papel, além de serrarias.

Para o uso da madeira na construção civil, Oliveira; Hellmeister (1998) chama a atenção para o estudo das características físicas,

principalmente a densidade aparente, por estar relacionado a quase todas propriedades da madeira. No seu estudo, realizados com sete espécies de Eucalipto, indica que a madeira apresenta elevada retratibilidade, apesar de estar enquadrado nos limites expostos na literatura, os valores do fator anisotrópico apresentaram-se satisfatórios, tendo a *E. urophylla* com comportamento normal, porém baixa resistência ao ataque de cupim de madeira seca, embora seja altamente resistente ao apodrecimento devido à ação do fungo *Gloeophyllum trabeum*. Pode ser diferenciada pela grande variação entre os anéis de crescimento que compõem o lenho e apresentam variação na distribuição nas suas características de resistência. Enfim, o autor argumenta que a madeira de eucalipto, incluindo a *E. urophylla*, apesar de ser complexo, pode ser utilizado na construção civil desde que haja um conhecimento científico das suas características, propriedades e suas variações, condições de crescimento e idade de corte das árvores.

Nesse sentido Pires (2015) comenta que estudos estão sendo desenvolvidos a partir de 1970 com a finalidade de viabilização econômica da produção de eucalipto, que pode ser direcionada para fins específicos por meio do melhoramento genético, sendo um dos principais instrumentos para a produtividade da florestas plantadas, com a utilização de técnicas de seleção com foco no uso e na redução do período do ciclo de corte.

No estudo realizado por Molina; Junior (2011), com a espécie *Eucalyptus* com diferentes tipos de melhoramento genético, cujas amostras foram extraídas de árvores com diferentes idades: 20, 9 a 13 e 4 a 5 anos, observou que os valores médios obtidos nos ensaios de compressão paralela às fibras é inferior ao apresentado na NBR 7490/97, destacando que os menores valores obtidos se referem aos lotes com amostras de árvores mais jovens (49, 46 e 42% inferiores) e o maior valor se refere à árvore de 20 anos (2%) e ainda que baseado nos resultados realizados, poderiam ser classificadas como C20, para as

amostras retiradas de árvores com menos de 13 anos e C30 para as demais.

Dentre as espécies de eucalipto presentes nas florestas do Brasil, o *Eucalyptus Urophylla* destaca-se pela boa produtividade, pela variedade de aplicações em diversos fins, onde se destaca à produção de celulose, papel, chapas duras e serraria, além de apresentar tolerância ao fungo que provoca o cancro do eucalipto, *Cryphonectria cubensis*. SCANAVACA JUNIOR (2004).

Sob o aspecto da produção ecologicamente equilibrada, indústria da construção civil utiliza materiais que são extraídos da natureza, transformados em insumos e transportados para o local de aplicação. Essas etapas requerem consumo de energia, que por sua vez, liberam poluentes para a atmosfera, provocando, ao longo do tempo, efeitos negativos na biosfera. (CABEZA et al., 2013) Nesse viés, o produto madeira é identificado como ecologicamente equilibrado, aonde segundo Pajchrowski et al. (2014), uma construção em madeira resulta em um impacto positivo no assunto do aquecimento global, pois a madeira enquanto árvore, processa o dióxido de carbono na fotossíntese e o CO₂ capturado permanece em todos os produtos que contêm madeira, inclusive os que são produzidos a base da madeira, tais como OSB (Oriented Strand Board, Painel de Tiras de Madeira Orientadas), MDF (Medium-Density Fiberboard, Painel de Fibras de Madeira de Média Densidade). Ainda pelo

autor, uma construção que utiliza madeira resulta em um saldo positivo sob o ponto de vista ambiental, considerando a menor utilização de transporte, devido ao baixo peso específico da madeira, menor consumo de água e energia na produção da madeira para aplicação na edificação, em relação ao aço e ao concreto, além da menor geração de resíduo, e quando ocorre, podem ser transformados em energia. Em contrapartida, utiliza maior quantidade de produtos químicos para a preservação e proteção das superfícies, porém o saldo resulta numa atividade que apresenta menor emissão de CO₂ para a atmosfera.

O objetivo desse trabalho é identificar a espécie de eucalipto jovem submetida ao melhoramento genético que pode ser adaptada à indústria da construção civil sob o aspecto da resistência à compressão no sentido paralelo às fibras e o comportamento da linha de ruptura na presença de defeitos qualificados tanto de natureza interna, nós, quanto de natureza externa como ação de insetos (broca). O atendimento à condicionante da idade de corte da árvore ser de aproximadamente cinco anos, denominado nesse trabalho como eucalipto jovem, diz respeito ao aspecto econômico quanto à produtividade da floresta, proporcionando um menor tempo de retorno de investimento na plantação, podendo promover o equilíbrio social entre os grandes latifundiários e os pequenos e médios produtores.

Material e Métodos

Para a realização dos ensaios foram utilizados retirada uma amostra de um lote de madeira *Eucalypto Urophylla* que estava no pátio de secagem da madeireira Venturoli, composta de sete unidades. Após a serragem das extremidades das toras de modo a permitir que as peça ficassem sem rachaduras, cada peça foi dividida em quatro segmentos, de onde os corpos de prova (CP) foram retirados

dos segmentos extremos, para a realização dos ensaios, num total de 14 unidades para o ensaio de compressão paralela às fibras e 2 unidades para umidade. Apesar da NBR-7490/97 indicar que os CP devem ser compostos de madeira isenta de defeitos, esse estudo, por ser uma madeira de árvore jovem aonde há incidência frequente de defeitos, abrangeu adicionalmente ao ensaio, o regis-

tro do comportamento da linha de ruptura diante a ocorrência dos defeitos.

As toras passaram pelo processo de secagem natural, apresentando comprimento médio de 7m, diâmetro igual ou superior a 12 cm, para posterior desdobro em corpos de prova (CP). Primeiramente foi realizada a retirada da casca, depois as extremidades da tora foram serradas de modo que as pontas ficassem isentas de rachaduras. As toras foram divididas em quatro segmentos, com a finalidade de permitir a retirada dos corpos de prova em diferentes setores da tora para a realização dos ensaios de Umidade e Compressão paralela às Fibras.

Na ocasião do desdobro para os ensaios de compressão paralela às fibras, as seções dos CP continham cerne, medula e alburno, devido ao pequeno diâmetro das toras. Após o desdobro, os CP foram identificados e os defeitos relativos aos nós, brocas e fendas ou rachaduras foram catalogados incluindo informações

de tamanho e localização em relação às faces verticais e superior e às arestas laterais. Os CP destinados ao ensaio de umidade foram extraído de dois segmentos de cada tora.

Os ensaios de compressão nas fibras paralelas foram realizados conforme instrução descrita no Anexo B da norma NBR-7490-1997, considerando que os CP apresentam defeitos e que foram aplicados dois ciclos de carregamento, seguindo o estudo de Morales (2002), onde sinaliza que o terceiro ciclo de aplicação de carga pode ser suprimido, visto que nos resultados do experimento, não houve alteração significativa.

Para o ensaio de umidade foram utilizados uma balança digital, marca MARK L21021, exatidão de 0,01g e uma estufa digital SL-100 +/- 1o, Para a aferição de umidade da madeira, foram utilizados os equipamentos Medidor de Umidade DL2000 resolução 0,1% e o Medidor de Umidade de Contato DVC 2050, resolução 0,1%.

Resultados e Discussões

O ensaio de umidade foi realizado numa amostra de dois elementos, com valores de 60,45% e 55,37%. Nas medidas realizadas com o medidor de umidade, o valor corrigido apresentou 30,09% e com o medidor de umidade de contato o valor médio foi de 25,13%, com desvio padrão de 4,56. Vale observar que o valor de ensaio está discrepante, sugerindo uma repetição com um número maior de elementos da amostra.

Como pode ser observado na Figura 1, os valores da carga de ruptura dos CP submetidos ao ensaio de resistência a compressão paralela às fibras ficaram distribuídos abaixo de 80kN, havendo alguns picos de alta e baixa carga de ruptura.

O valor médio da carga de ruptura foi de 75,85 kN com desvio padrão de 8,60. Alguns corpos de prova tiveram valores com uma diferença de 20 kN do valor médio, isso pode estar relacionada a presença dos defeitos. Na Tabela 1 estão listados os defeitos identificados a partir de uma análise visual dos corpos de prova após a ruptura. Os defeitos dos CP foram qualificados e quantificados e daí comparados com a respectiva carga de ruptura. Dentre os 14 exemplares, apenas um não apresentou defeito aparente.

Fazendo uma análise comparativa entre a Tabela 1 e a Figura 1, pode ser observado que existe uma relação entre os picos de carga e alguns defeitos identificados. No caso do CP 9, houve uma carga de ruptura de 56,93 kN, bem abaixo do valor médio, isso sugere que a fenda

longitudinal ao longo de toda a peça pode ter comprometido a integridade da peça e consequentemente sua resistência à compressão,

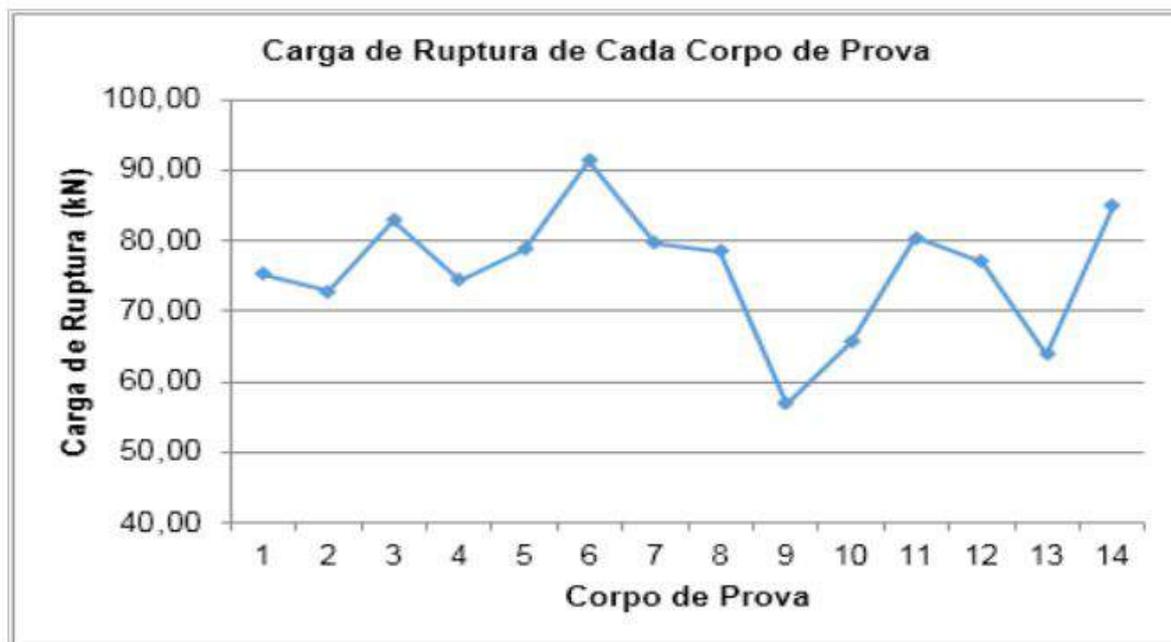
fazendo com que a ruptura ocorresse numa carga quase 20 kN menor do que a média da amostra.

Tabela 1

Nº do corpo de prova	Defeitos identificados	Carga de ruptura (kN)
1	Um nó	75,21
2	Um nó	72,79
3	Sem defeitos aparentes	82,83
4	Um nó	74,32
5	Medula exposta e um nó	78,72
6	Um nó	91,26
7	Um nó	79,63
8	Um nó	78,42
9	Uma fenda longitudinal e um nó	56,93
10	Dois nós	65,69
11	Um nó	80,43
12	Três nós	76,97
13	Uma broca, uma fenda radial e uma fenda longitudinal	63,84
14	Um nó	84,85

Defeitos identificados nos corpos de prova estudados.

Figura 1

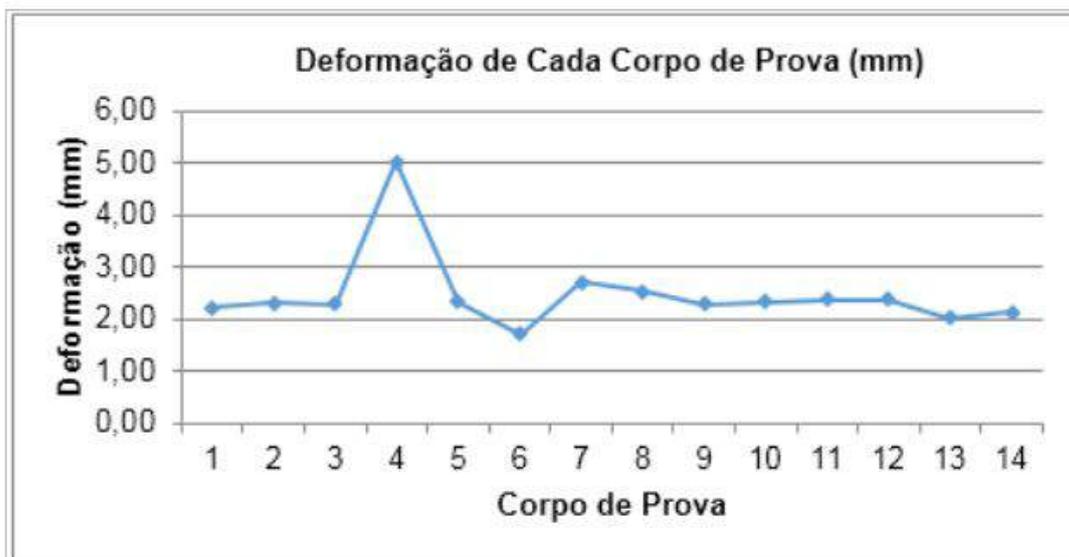


Deformação de cada corpo de prova

A Figura 2 apresenta o gráfico com os valores das deformações dos CP, que variou de 2 a 3mm, apresentando 2,47mm com valor médio, porém observou-se a presença de um ponto fora da tendência do gráfico relativo ao

CP 4, aonde a deformação foi de 5mm. Essa foi uma situação atípica, pois apesar da peça possuir um nó, foi observado que a linha de influência não sofreu alteração provocada por esse defeito.

Figura 2

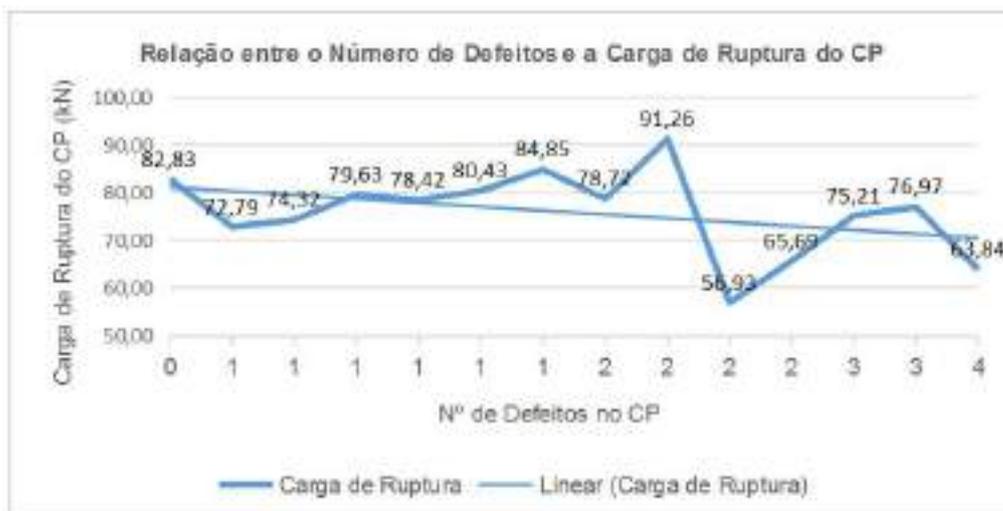


Deformação de cada corpo de prova

Após a realização dos ensaios de compressão paralela às fibras, pode-se notar que existe uma relação entre a presença de defeitos no CP e o valor da carga de ruptura da peça correspondente. Essa relação está evidenciada na Figura 3, no qual foi relacionado a quantidade de defeitos existentes no CP, independente da natureza, com sua respectiva carga de ruptura. De forma geral, observa-se uma tendência de relação inversamente

proporcional entre o número de defeitos presentes no CP e sua carga de ruptura. Apesar de alguns pontos fora da reta, por se tratar de um material anisotrópico e heterogêneo, pode-se perceber que na medida em que há um aumento do número de defeitos, há uma diminuição na carga de ruptura do CP. Sendo assim, a maior presença de defeitos na peça, diminui sua resistência à compressão paralela às fibras, como já era de se esperar.

Figura 3



Relação entre o número de defeitos e a carga de ruptura do CP

Além de ter uma relação direta com o valor resistente da peça, a presença de defeitos também influencia o comportamento da linha de ruptura que se desenvolve no CP. Essa influência pode ser verificada visualmente após a execução de ensaio destrutivo de resistência à compressão paralela às fibras. A Figura 4 mostra a quantidade de peças que tinha algum defeito e que seus defeitos influenciaram na linha de ruptura, ou seja,

85% das peças tiveram suas linhas de ruptura influenciadas pela presença de defeitos. Em alguns casos, houve uma linha de ruptura para cada defeito existente na peça. Isso demonstra que o defeito cria uma zona de enfraquecimento ao seu redor, fazendo com que a ruptura ocorra preferencialmente nessas regiões. Esse comportamento pode justificar a redução na carga de ruptura registrada com o aumento de defeitos.

Figura 4



Linhas de ruptura influenciadas pelos defeitos.

Na Figura 5 estão apresentados os CP2, CP6 e CP10, onde podem ser observadas as linhas de ruptura influenciadas pelos nós.

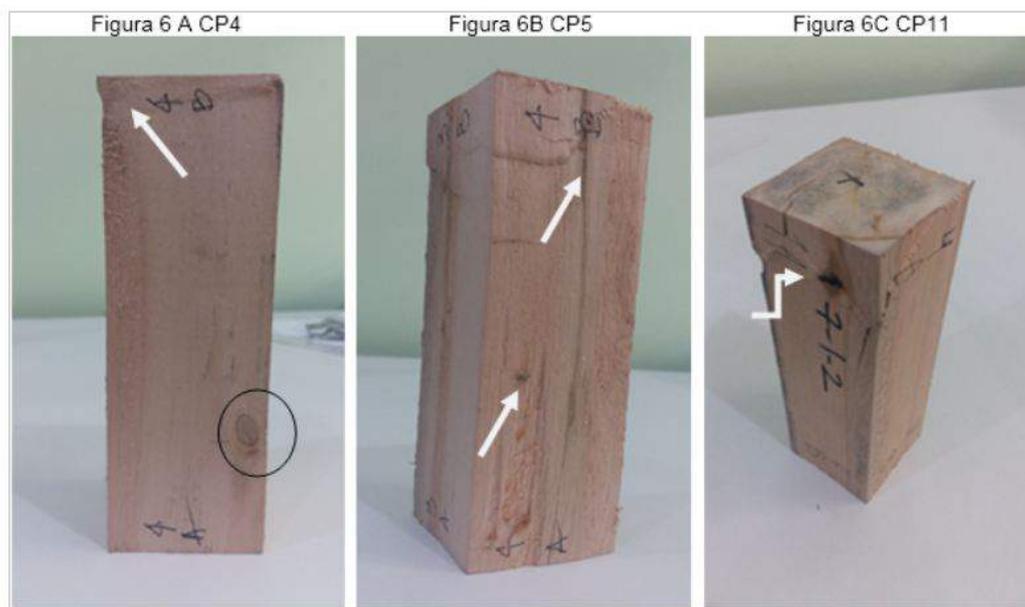
Figura 5



Linhas de ruptura identificadas nos CP2, CP6 e Cp10.

Algumas linhas de ruptura aparentemente não sofrem a influência de nó situado abaixo da linha central do CP, como é o caso do CP4- Figura 6 A e no CP5- Figura 6B, onde a fenda aparenta uma forte influência na linha de ruptura, mesmo tendo o nó situado abaixo da linha central do CP, ou ainda, no CP11- Figura 6C, onde existem sinais de que a ruptura ocorreu devido ao nó situado da face superior até à face lateral.

Figura 6



Linhas de ruptura identificadas nos corpos de prova – CP4, CP5 e Cp11

Conclusão

Observou-se que existe uma relação linear inversa entre a quantidade de defeitos existentes na madeira e a sua carga de ruptura. A medida que se aumenta o número de defeitos na peça, a resistência à compressão em fibras paralelas apresenta-se com valores inferiores em relação à média da amostra. A presença de defeitos, independentemente da natureza, influencia no comportamento das linhas de ruptura, indicando que na região dos defeitos, principalmente dos nós, existe uma zona de fraqueza, fazendo com que a ruptura ocorre preferencialmente nessas regiões, o que pode justificar a diminuição da carga de ruptura quando a peça apresenta defeitos. Esse trabalho sinalizou que apesar dos defeitos da peça de madeira, a peça de madei-

ra poderá ser utilizada desde que sejam atendidas as restrições de limites de resistência à compressão de fibras paralelas, atuando como um material ecologicamente equilibrado. Fica como sugestão para trabalhos futuros o a ampliação de investigação nas outras características físicas e mecânicas da madeira, com o objetivo de verificar como esses defeitos influenciam o comportamento dos corpos de prova quando os mesmos são submetidos a outros tipos de solicitações a fim de garantir a aplicação. É importante também realizar os ensaios com o aumento do número de elementos da amostra, para tornar a conclusão mais representativa e diminuir o efeito estatístico anômalo de alguns casos, já que se trata de um material anisotrópico e heterogêneo.

E-mails de contato dos autores:
telmalsilveira@gmail.com
eng.antonioribeiro@gmail.com
michelfal@yahoo.com.br
sfcesarpaz@uol.com.br

Referências

- ABAF. Relatório ABAF 2015. Salvador, 2015.
- CABEZA, L. F.; BARRENECHE, C.; MIR??, L.; et al. Affordable construction towards sustainable buildings: Review on embodied energy in building materials. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 5, n. 2, p. 229–236, 2013.
- JUNIOR, L. S. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* Determination of the physical and mechanical properties of the wood of *Eucalyptus urophylla* Laerte Scanavaca Junior. *Scientia Forestalis*, p. 120–129, 2004.
- MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. Caracterização de clones e híbridos de eucaliptos com base na norma ABNT NBR 7190 : Madeira: Arquitetura & Engenharia, , n. Outubro, p. 9, out. 2011. São Carlos.
- OLIVEIRA, J. T. D. S.; HELLMEISTER, J. C. Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil. , 1998.
- OLIVEIRA, P. R. S. DE; VALVERDE, S. R.; COELHO, F. M. G. Aspectos De Relevância Econômica No Fomento Florestal a Partir Da Percepção Dos Produtores Rurais Envolvidos. *Revista Árvore*, v. 30, n. 4, p. 593–601, 2006.
- PAJCHROWSKI, G.; NOSKOWIAK, A.; LEWANDOWSKA, A.; STRYKOWSKI, W. Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. *Construction and Building Materials*, v. 52, p. 428–436, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813010994>>. Acesso em: 3/9/2015.
- PIRES, I. E. Conservação e Melhoramento Genético de Espécies Florestas. Anais do VII Workshop em Melhorameno Florestal. Anais... . p.15–16, 2015. Piracicaba: IPEF.
- VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. *Revista Do Bndes*, v. 14, n. 28, p. 235–276, 2007.



Compensação do desequilíbrio de corrente em cabos singelos conectados em paralelo

Jayme N. Sarmento

Resumo: O uso de cabos paralelos para alimentar uma carga grande é uma prática comum na indústria. Este artigo apresenta um método simples para balancear as correntes em cabos evitando overheating dos mais carregados.

Palavras Chave: Cabos elétricos, equilíbrio de correntes.

Abstract: *This article presents a method to balance currents of cables in parallel. The usage of parallel cables to feed a large load is a common practice in industry.*

Introdução

Para suprir cargas de potência elevada torna-se muitas vezes necessário o uso de diversos condutores por fase. Embora esses cabos em paralelo tenham comprimentos praticamente iguais, pode haver um desequilíbrio de corrente devido ao efeito de fluxos magnéticos causados pela passagem de corrente em cabos vizinhos, vez que a impedância não depende só da auto-indução, mas também da indução mútua entre os condutores.

A boa prática recomenda o uso de cabos em trifólio nas três fases, para evitar o tal desequilíbrio. Quando o desequilíbrio é muito acentuado, os cabos mais carregados podem sobreaquecer e com isso, ter sua vida útil reduzida, ou até mesmo podendo falhar em um curto período de tempo. Desta forma, uma condição importante nesses

circuitos é a manutenção de correntes equilibradas nos condutores conectados em paralelo. A distribuição da corrente nos condutores em paralelo vai depender da diferença de impedância entre os mesmos e também, no caso de cabos blindados, do modo de aterramento das blindagens.

Este artigo propõe um novo método para correção do desequilíbrio de corrente, em circuitos de pequeno comprimento, por meio da utilização de transformadores de corrente (TC's) do tipo janela.

No artigo é demonstrado que a instalação de TC's de janela com os secundários conectados da forma adequada, pode eliminar o desequilíbrio de corrente e garantir a equalização das correntes que circulam nos cabos de uma mesma fase conectados em paralelo.

I. Método Proposto

Os transformadores de corrente (TC's) são normalmente usados com o objetivo de reduzir as correntes para uso nos instrumentos de medição ou nos relés, além de isolar o sistema de medição e proteção das altas tensões. Este artigo apresenta a utilização de TC's de maneira diferente da usual, na qual os TC's de janela possuem os circuitos secundários ligados em série, conforme diagramada Figura 1.

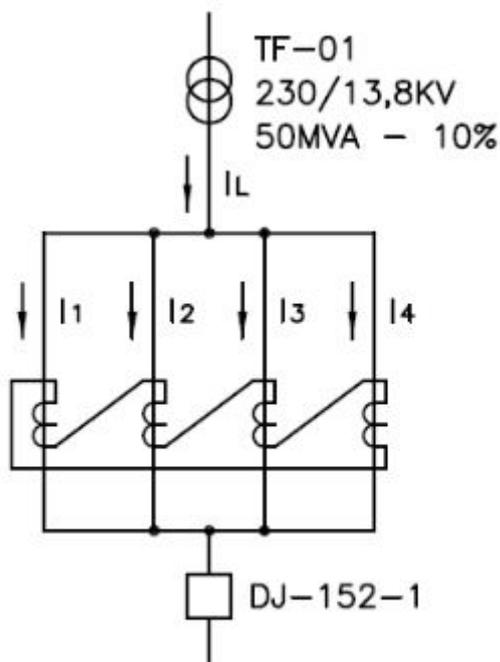


Figura 1 - Ligação de TC's de janela como compensador de desequilíbrio em um circuito alimentador composto de 4 cabos isolados por fase.

O diagrama da fig.1 representa uma instalação comum em indústrias, na qual a barra superior representa o barramento de saída de uma fase do secundário de um transformador e o barramento inferior representa o barramento de entrada de um painel de distribuição. Deste modo, se as correntes nos diferentes cabos singelos forem iguais, o fluxo magnético nos toros dos TC's é praticamente zero, pois o fluxo magnético, oriundo da corrente primária, é compensado pelo fluxo

da corrente secundária.

Se houver um desequilíbrio entre as correntes dos cabos em paralelo, estas serão forçadas a equalização.

A. Descrição do Método

O método pode ser aplicado a vários cabos em paralelo.

Demonstra-se a seguir para dois condutores, podendo o mesmo raciocínio ser estendido para qualquer número de condutores. Os TC's a serem utilizados devem ser idênticos em todos os cabos.

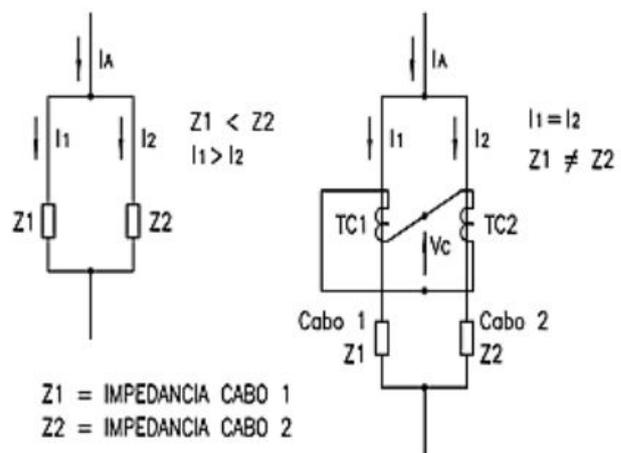


Figura 2 - Ligação de TC's de janela como compensador de desequilíbrio em um circuito alimentador composto de 2 cabos isolados por fase.

Como se vê na fig. 2, se as impedâncias dos cabos $Z_1 = Z_2$ são iguais, as correntes I_1 e I_2 estarão perfeitamente equilibradas e os fluxos nos TC's serão praticamente zero.

As quedas de tensão nos cabos serão dadas por

$$Dv_1 = Dv_2 = I_1 \cdot Z_1 = I_2 \cdot Z_2$$

Se $Z_1 < Z_2$, a corrente $I_1 > I_2$ (I_1 tende a ser maior que I_2). As correntes do secundário dos TC's serão iguais, pois os mesmos estão em série.

Designando-se por:

- ϕ_{11} Fluxo magnético em TC1 devido à corrente primária I1;
- ϕ_{21} Fluxo magnético em TC2 devido à corrente primária I2;
- ϕ_c Fluxo magnético nos TC1 e TC2 devido à corrente secundária comum I_c, nos toros dos TCs tem-se os fluxos

$\phi_1 = \phi_{11} - \phi_c$ em TC1, positivo e onde ϕ_1 é o fluxo no Tc 1

$\phi_2 = \phi_{21} - \phi_c$ em TC2, negativo e onde ϕ_2 é o fluxo em Tc2

Surgem então nos terminais dos TCs as tensões:

$$V_1 = - \frac{d\phi_1}{dx} \text{ negativa, no sentido de diminuir I1}$$

$$V_2 = - \frac{d\phi_2}{dx} \text{ positiva, no sentido de aumentar I2}$$

II. Análise de Resultados

A aplicação do método é ilustrada neste artigo através de sua aplicação numa instalação de médio porte em baixa tensão (BT) cuja tensão nominal é de 380V.

I. Descrição resumida da instalação:

O diagrama unifilar simplificado da entrada de energia elétrica da empresa é apresentado na fig.3.

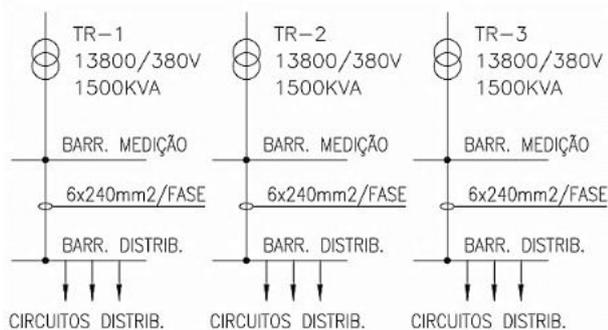


Figura 3 - Diagrama unifilar de entrada da Instalação. Para interligar o barramento de medição ao barramento de distribuição são utilizados 18 condutores de bitola 240 mm² (6 condutores /fase).

Se forem aplicados TC's com tensões de Joelho adequadas, consegue-se equalizar as correntes dentro dos limites de exatidão dos mesmos.

Há que se observar ainda que o equilíbrio de corrente se faz muito rapidamente, contribuindo para isso, a energia dissipada nos ciclos de histerese nos núcleos dos TC's.

B. Aplicação do Método

O método pode ser aplicado para corrigir desequilíbrios de corrente tanto em instalações de baixa tensão, como de média tensão. Nesse caso, devem ser seguidas as premissas citadas:

- a) Circuitos compostos de cabos singelos isolados de mesma bitola, de uma mesma fase e conectados em paralelo;
- b) Circuitos de pequeno comprimento, de modo que as tensões geradas pelos TC1s sejam suficientes para equilibrar as correntes.

Conforme indicado na fig. 3, cada um dos 03 circuitos de interligação dos barramentos de entrada da empresa aos barramentos de medição da concessionária é composto por 18 cabos singelos isolados (classe de tensão 1 kV com isolamento em eprotenax), sendo 6 condutores por fase. A tensão é 380V e o comprimento do circuito é 6 metros.

Com o objetivo de equilibrar as impedâncias e, conseqüentemente, as correntes, os cabos estão dispostos em trifólio, ou seja, cada um dos circuitos é composto por seis trifólios, sendo este composto por um cabo de cada fase. Observou-se, entretanto, que mesmo com a utilização desta estratégia, não foi possível obter uma distribuição adequada das correntes.

II. Aplicação do Método:

O método proposto foi aplicado para correção do desequilíbrio nos 03 circuitos. Por motivos práticos, será apresentado, como exemplo, a sua aplicação na fase R do circuito alimenta-

do pelo transformador TR-1. Assim, para a constatação do problema, foram realizadas medições de corrente e os seguintes valores foram encontrados:

Fase R	Fase S	Fase T
1171A	1270A	1169A

Após a obtenção das medidas por fase, uma análise mais detalhada foi realizada na fase R, constatando-se uma corrente média de 195A, sendo que no cabo 6 a corrente era de 282A e no cabo 4, a corrente era de 138A, correspondendo à maior e menor corrente, respectivamente.

Ou seja, foi verificado que o desequilíbrio era considerável, sendo a corrente menor equivalente a 48% da maior.

III. Dimensionamento:

A. Cálculo da impedância (Z_1) do cabo para a geometria em trifólio.

Estimou-se a impedância de cada cabo como sendo:

$$Z_1 = 0,844 \text{ m}\Omega \text{ ang. } 45$$

E corrente de desequilíbrio máxima de 60A, isto é, de corrente em relação ao valor médio de 195 A

Assim considerou-se a tensão necessária para o equilíbrio de:

$$Dv = 60 \text{ A} \times 0,844 \text{ m}\Omega = 0,05 \text{ V}$$

Passando-se para o secundário do TC de relação 400:5A, tem-se: $V_s = 4 \text{ V}$

Utilizou-se um TC de medição com as seguintes características: 0,6C50, o qual tem tensão de joelho de 10V.

Os TC's foram instalados em todos os cabos de todas as fases de cada um dos 03 circuitos de alimentação.

Em medição realizada após a instalação do TC's foram obtidos os valores abaixo, na fase R, no circuito alimentado pelo TR-1:

- Corrente total da fase R: 1050A;
- Corrente em cada um dos 06 cabos: 175A.

Foram realizadas medições em todos os ramais sendo constatado que as correntes estavam equilibradas, comprovando a eficácia da técnica.

As figuras 4 e 5 apresentam o detalhe e uma visão geral da instalação dos 06 TC's no painel, respectivamente.



Figura 4 - Detalhe da instalação dos TC's. Em cada cabo foi instalado um TC e os secundários foram conectados em série.



Figura 5 - Instalação dos TC's no cubículo de saída do painel de medição.

Conclusão

O artigo analisa o problema da distribuição desuniforme de corrente em cabos isolados, conectados em paralelo em uma mesma fase. Mostra que com a utilização de método simples é possível eliminar o desequilíbrio de corrente em cabos isolados conectados em paralelo em uma mesma fase, em sistemas com alimentadores de relativamente curtos.

Com sua aplicação é possível conseguir aumento da vida útil dos cabos e a possibilidade de operar sistemas elétricos próximos à corrente nominal, sem desgaste precoce da isolação dos cabos.

A solução foi implementada há cerca de 10 anos, estando a operar corretamente até a presente data, julho de 2109.

Nota

¹As medições foram realizadas com o alicate amperímetro de fabricação FLUKE, modelo 376 True RMS Clamp Meter, n° de série 17480739, com certificado de calibração válido.

Referências

- [1] ABNT: NBR 6856: Transformadores de Corrente. 1992.
- [2] Catálogo FICAP/ELECAB. Seção 210-10 a 44;



Medição de arraste de água em Caldeira Flamotubular

Edgar Nunes de Almeida

Resumo: As caldeiras flamotubulares são compactas e bastante usadas em sistemas térmicos de menor capacidade e baixa pressão. O vapor produzido nestas apresenta umidade decorrente do arraste de água que se apresenta na forma de névoa, bolhas e gotas na região próxima à saída de vapor. A água remanescente no interior da caldeira, por ter solubilidade bem superior à do vapor, vai concentrando íons/sais à medida que ocorre a vaporização. Desta forma, a umidade contida no vapor apresenta elevado teor de íons/sais dissolvidos, que podem provocar incrustação e corrosão no sistema como um todo. A purga/extração de superfície da caldeira e dosagem de produtos químicos têm por finalidade controlar esta concentração. Por outro lado, a extração de superfície corresponde a uma perda energética, onde seu reaproveitamento deve ser ponderado, frente a outras recuperações energéticas do sistema. Há outros agravantes vinculados a esta umidade no vapor: a caldeira tem sua capacidade reduzida; uma maior quantidade de líquido nas tubulações de vapor provoca golpes hídricos (martelo hidráulico), além de sobrecarregar os purgadores, comprometendo a eficiência energética do sistema – mesmo que se tenha reaproveitamento (água e energia) do condensado/vapor oriundo do flash destes purgadores, este irá concorrer com outras prováveis recuperações energéticas de baixa temperatura. A medição e acompanhamento da umidade no vapor produzido na caldeira podem ser usados na predição de alguns tipos de problemas como: operação da caldeira em sobrenível; falha em separadores água-vapor; sobrecarga da caldeira por picos de consumo; falha no tratamento da água; etc. Uma maneira prática de determinar, com razoável precisão, a umidade do vapor produzido numa caldeira flamotubular consiste em determinar a razão entre o teor de sílica numa amostra do vapor da caldeira e o teor de sílica na água no interior da caldeira. Preferencialmente, a coleta destas amostras deve ser realizada o mais próximo e simultâneo possível.

Palavras-chave: unidade, vapor, caldeira flamotubular; análise de sílica.

Abstract: *The fire-tube boiler is a compact and small capacity unit used in thermal systems to supply low pressure steam. The steam produced contains enough water carried along with steam that comes in from the fog, bubbles and drops formed inside boiler, around the steam exit. It is important that the solubility of ions/salts on water is so larger than that on steam. So, water vaporization inside boiler makes the remaining water ions/salts concentration to increase. In this way, this steam contains large quantity of ions/salts dissolved on moisture that can lead to incrustation and corrosion in the thermal system. The boiler purge and chemical products added to boiler water objective to lead the concentration control of inside boiler water. But, on the other hand, the purge corresponds to an energy loss, where the purge heat recovery should be ineffective, front of other energy recoveries of the system. There are other added harmful associated to this moisture carried by steam: the boiler reduce its capacity; a larger amount of liquid in the steam piping causes thermal shock (water hammer), overload the steam traps and could limit the energy efficiency of the thermal system – even if there is a recovering system (water and energy) of the condensate/steam from the flash on steam traps, this will compete with another proved energy recovering on low temperature –. The measurement of steam moisture from fire-tube boiler could be used to predict problems like: boiler operation on overflow level; fails in sifters water-steam; boiler overload on picks of consumption; mistakes in the chemical water treatment; etc. A simple method to determine the steam moisture on reasonable precision consists of the division of the tenor of sílica in boiler steam by the tenor of sílica in water inside boiler – Preferentially, the collection of these samples should be as close and simultaneous as possible.*

Keywords: moisture; steam; fire-tube boiler; analysis of sílica.

1. Vapor como fonte de energia térmica

Muitos processos industriais necessitam de calor para que ocorram e o vapor proveniente da vaporização da água tem sido o mecanismo mais usual do suprimento desta energia térmica. Por esta razão, é comum encontrarmos caldeiras (geradores de vapor) aplicadas na maioria dos processos industriais como: açúcar e álcool;

química e petroquímica; refinaria de petróleo; papel e celulose; cervejaria e bebidas; indústria de alimentos; indústria têxtil; processamento de madeira e borracha; etc. Esta prática também se repete em unidades hospitalares, hoteleiras, comerciais, dentre outras, que fazem uso de caldeiras de menor porte.

2. Caldeiras na geração de vapor

A maioria das caldeiras usa como fonte energética a energia contida em combustíveis. Estes podem ser sólido, líquido ou gás e, quando queimados na fornalha, além de transferirem grande quantidade de calor por irradiação, geram gases quentes, os quais são forçados a trocar calor por convecção com a parede dos tubos, que por sua vez, aquece a água, transformando-a em vapor.

Há dois grupos básicos de caldeiras: as aquatubulares, nas quais a água passa por dentro dos tubos; e as flamotubulares, onde os gases quentes da combustão passam por dentro dos tubos. Vale lembrar que, os gases provenientes da combustão chegam a atingir temperaturas da ordem de 1000 oC numa pressão próxima à atmosférica. Ao trocar calor com a água, estes vão esfriando e, por fim, são lançados para atmosfera através da

chaminé a temperaturas usualmente inferiores a 200 oC – quanto menor a temperatura destes gases na chaminé, menor a quantidade de energia desperdiçada, lançada para atmosfera e maior a eficiência energética da caldeira –. Já a água que alimenta a caldeira chega numa temperatura inferior à temperatura de mudança de fase água-vapor para que a vaporização ocorra no interior desta.

Desta feita, temos que caldeiras aquatubulares (água e vapor fluindo no interior dos tubos) são apropriadas para geração de vapor a elevada pressão, enquanto caldeiras flamotubulares são de menor porte e têm limitações quanto à pressão do vapor gerado – na prática, encontramos caldeiras flamotubulares (figuras 1 e 2) com capacidade até 40 t/h de vapor saturado a uma pressão inferior a 20 bar (temperatura de saturação/mudança de fase água-vapor, 212 oC).



Figura 1 – caldeira flamotubular com três passes

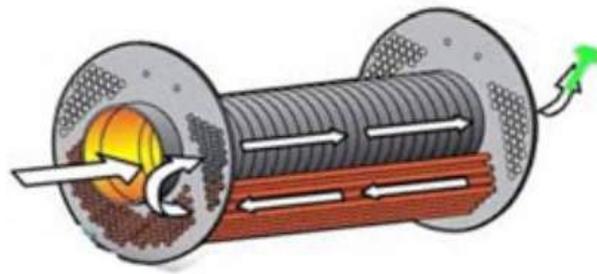


Figura 2 – fluxo dos gases numa caldeira flamotubular com três passes

2.1. Qualidade da água de alimentação de caldeira

A água usada na geração de vapor (de origem subterrânea ou de superfície) apresenta substâncias dissolvidas como:

- íons de cálcio e magnésio (Ca^{2+} e Mg^{2+}), sulfatos (SO_4^{2-}), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-) medidos na dureza total;
- Sílica solúvel (SiO_2) e silicatos (SiO_3^{2-}) associados a vários cátions;
- Óxidos metálicos, principalmente de ferro, originados de processos corrosivos;
- Gases como oxigênio, gás carbônico, amônia, óxidos de nitrogênio e de enxofre, etc.

Na fase líquida e próxima à temperatura ambiente, a água apresenta alta solubilidade para estes componentes iônicos e gasosos. Esta solubilidade diminui com o aumento da temperatura, porém reduz significativamente na mudança para fase vapor. Com a vaporização e saída do vapor da caldeira, a concentração destes componentes na água remanescente no interior desta se eleva, precisando ser controlada para não provocar deposição/incrustação e corrosão.

O controle desta concentração é realizado pela drenagem parcial da água na caldeira, denominada “extração de superfície” ou “purga da caldeira”. O fluxo/frequência desta drenagem, que pode ser contínua ou intermitente, se baseia no cálculo do “ciclo de concentração”, que considera o balanço individual destes componentes entrando na água



Figura 3 – incrustação nos tubos da caldeira

que alimenta da caldeira e saindo no vapor e na extração de superfície desta – Na prática, busca-se a menor purga possível, visto que, a drenagem de água aquecida na condição praticamente saturada, desagrega economicamente.

A quantidade/vazão da extração de superfície guarda uma relação direta com a qualidade da água de reposição da caldeira, o que nos mostra a importância de seu tratamento preliminar para minimizar a presença de impurezas indesejadas no sistema de vapor. Este é um dos importantes fatores que interferem na confiabilidade e eficiente operacional do sistema, evitando-se assim problemas decorrentes de uma água inadequada para a aplicação em caldeiras, principalmente na geração de vapor de alta pressão.

A incrustação se caracteriza pelo acúmulo de material fortemente aderido aos internos da caldeira (figura3) e no interior da tubulação de água/condensado (figura 4), sendo de difícil remoção (limpeza mecânica ou química). Sua coloração e peso dão boa indicação de sua composição química e de sua origem: material de coloração marrom claro pode indicar argila e sólidos suspensos, ou também produtos de corrosão (Fe_2O_3); coloração verde ou azul indica a presença de cobre; compostos esverdeados e pesados indicam a presença de sílica; incrustações esbranquiçadas são formadas por cálcio e magnésio; depósitos negros leves apontam presença de material orgânico.



Figura 4 – incrustação em tubulação de condensado

Os depósitos/incrustações dificultam a troca de calor através da superfície dos tubos, comprometendo a capacidade nominal e eficiência energética da caldeira, assim como, fazem parte de alguns mecanismos de corrosão (por pitting, galvânica, sob tensão, ataque cáustico, etc).

Há basicamente dois tipos de tratamento complementar para água de caldeira: processo químico de troca iônica realizada por resinas catiônicas e aniônicas; processo físico de filtração por osmose reversa através de membranas. A escolha da tecnologia mais adequada está vinculada à qualidade/especificação exigida para água, que por sua vez, está atrelada à pressão do vapor gerado – A troca iônica propicia uma maior remoção de íons e, por consequência, uma água de melhor qualidade, comparada à osmose reversa –. Usualmente, caldeiras que geram vapor a pressão acima de 40 bar fazem uso de água desmineralizada por troca iônica, podendo compor um primeiro estágio com o processo de osmose reversa, seguido de um polimento final realizado num vaso de leito misto, contendo resinas catiônicas e aniônicas.

A corrosão em caldeiras também está vinculada à presença de gases dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e o gás carbônico. O controle destes gases se dá pelo tratamento prévio da água, antes de alimentar a caldeira: extração física (inicial) por desaeração; química (complementar) para abater os principais gases (ex: hidrazina para eliminar o oxigênio e morfolina para eliminar o gás carbônico).

2.2. Qualidade do vapor produzido em caldeiras flamotubulares

As caldeiras flamotubulares são usualmente especificadas para geração de vapor não superaquecido a uma determinada pressão que oscila em função do controle implementado na alimentação do combustível: quando a

pressão do vapor cai o controle aumenta o combustível, incrementando a geração de vapor, e quando a pressão do vapor sobe, reduz combustível – buscando o melhor ajuste operacional do queimador, o controle mais usado nestas caldeiras considera duas posições de carga deste: mínimo denominado fogo baixo e máximo denominado fogo alto –. Por outro lado, o controle que implementa a reposição de água para compensar um aumento na produção de vapor faz uso do nível do corpo da caldeira: aumento no consumo de vapor faz baixar o nível que, por sua vez, comanda a entrada de mais água para compensá-lo e vice-versa.

O vapor gerado é retirado pelo topo da caldeira e alimenta a tubulação de distribuição que o conduz para os pontos de consumo. O grande volume de energia térmica contida neste vapor corresponde ao calor latente absorvido na vaporização no interior da caldeira (mudança de fase água-vapor à temperatura praticamente constante).

Teoricamente, este vapor deveria sair da caldeira na condição vapor saturado. Mas, na prática, este sai com umidade decorrente do arraste da névoa, bolhas e gotas formadas acima do nível da água no interior da caldeira. Esta umidade arrastada pelo vapor é prejudicial, pois: reduz a capacidade da caldeira; conduz água com elevado teor de sais dissolvidos para as tubulações de vapor, potencializando a ocorrência de incrustação e corrosão; exige uma bateria de purgadores para eliminá-la, evitando assim o acúmulo e golpes hídricos nas tubulações; reduz a eficiência energética do ciclo térmico, pois, mesmo que se tenha reaproveitamento do condensado/vapor proveniente do flash dos purgadores, este irá competir com outras recuperações energéticas do sistema térmico e da própria caldeira.

Algumas ações corretivas podem minimizar o arraste que podem ter sua origem química ou mecânica:

Origem	Causas	Medidas Corretivas
Química	Excesso de alcalinidade	Ajustar dosagem de sode cáustica. Usar agente antiespumante em caldeiras com alta taxa de vaporização.
	Excesso de sólidos suspensos	Ajustar concentração de sólidos suspensos e sólidos totais dissolvidos através da extração de superfície.
	Excesso de sólidos dissolvidos	Isolar a causa e abrir purga da caldeira para renovação da água.
	Contaminantes orgânicos	
Mecânica	Danos no separador de vapor	Reparar as colmeias e dispositivos do separador água-vapor na saída da caldeira.
	Variações bruscas na demanda	Evitar perdas simultâneas ou rápidas de equipamentos consumidores de vapor.
	Demanda de vapor superior à capacidade da caldeira	Equacionar demanda e produção de vapor.
	Operação com nível elevado	Verificar funcionamento correto dos dispositivos de controle de nível.

3. Medição da umidade do vapor produzido em caldeiras flamotubulares

Medir a umidade presente no vapor em equilíbrio numa determinada pressão não é tarefa fácil, visto que, se houver mudança na pressão da amostra ou troca de calor desta com o meio, teremos um novo estado de equilíbrio e um novo percentual de umidade.

Por outro lado, um método prático e bem aproximado para se determinar a umidade no vapor produzido numa caldeira flamotubular pode ser obtido a partir da análise da sílica contida numa amostra do vapor produzido e da sílica contida na água da caldeira na região da extração de superfície. Se observarmos que a solubilidade da sílica no vapor é bem inferior à solubilidade da sílica na água, podendo ser desprezada em baixas pressões de equilíbrio água-vapor (figura 5), podemos inferir com boa precisão que toda sílica (Si_{v+u}) contida no vapor úmido na saída da caldeira provem da água ($Si_{\text{água}}$) que foi arrastada.

Como exemplo: para vapor produzido numa caldeira flamotubular a 20 bar (300 psi) obtemos da figura 5 uma relação de solubilidade ($Si_{\text{vapor}}/Si_{\text{água}}$) em torno de 0,016%, ou seja,

$$Si_{\text{vapor}} = 0,00016 \times Si_{\text{água}}$$

Ao coletar uma amostra de vapor produzido na caldeira, a sílica contida neste será a sílica solvida no vapor adicionada à sílica da água do arraste. Desprezando a sílica solvida no vapor, teremos que a umidade pode ser

determinada com boa precisão pela relação entre o teor de sílica (Si_{v+u}) de uma amostra do vapor úmido e o teor de sílica ($Si_{\text{água}}$) de uma amostra da água no interior da caldeira:

$$\%U_{\text{vapor}} = Si_{v+u} / Si_{\text{água}} \times 100$$

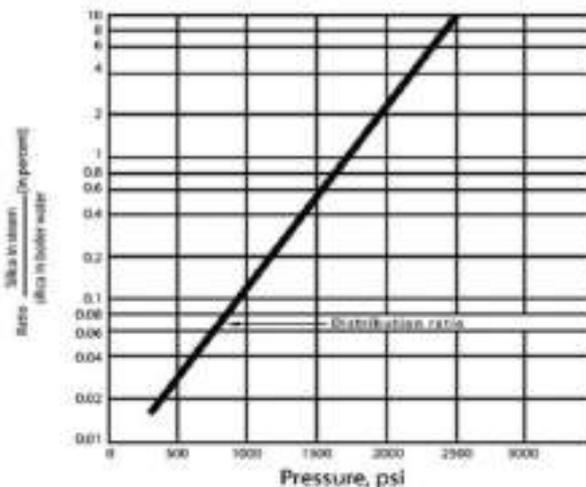


Figura 05 – Relação solubilidade de sílica no vapor saturado pela solubilidade de sílica na água em equilíbrio

**Fontes: Revista TAE - Tratamento de água para caldeiras de alta pressão
Revista Meio Filtrante, 06/07/2010.**

Conclusão

A umidade no vapor produzido em caldeiras flamotubulares decorre do arraste de água com elevada concentração de íons/sais dissolvidos. Este arraste pode ter sua origem: no mau desempenho ou inexistência de separadores água-vapor na saída de vapor da caldeira; no tratamento indevido da água da caldeira; na operação inadequada do nível de água na caldeira; na

ocorrência de sobrecarga da caldeira; etc.

Sua medição é de fácil realização e pode ser usada como parâmetro de acompanhamento na prevenção de problemas mais graves como: incrustação e corrosão do sistema de vapor; golpes hídricos nas tubulações de vapor; perda de capacidade, desempenho e eficiência energética da caldeira e do sistema térmico.

Para medir a umidade do vapor com razoável precisão, basta analisar o teor sílica contida

no vapor úmido na saída da caldeira e na água da caldeira colhida o mais próximo da saída de vapor. Preferencialmente, as coletas destas duas amostras devem ser simultâneas ou muito próximas para que as condições operacionais da caldeira não sejam alteradas. Considerando-se que a solubilidade da sílica no vapor é desprezível em relação à da água, podemos dizer com adequado grau de acerto que o percentual de umidade no vapor corresponde à razão entre estes dois valores: teor de sílica no vapor úmido pelo teor de sílica na água da caldeira, multiplicado por 100.

Referências

International Journal of Advanced Mechanical Engineering. ISSN 2250-3234 Volume 4, Number 6 (2014), pp. 629-638 © Research India Publications <http://www.ripublication.com>;

Tratamento de água para caldeiras de alta pressão - REVISTA TAE, 06/07/2010, www.revistatae.com.br/219-noticias;

TROVATI, J.; "Tratamento de água para geração de vapor: Caldeiras". www.corona.ind.br; acesso em: 15/06/2019.

WYLEN, G. J. V., BORGNAKKE, C. e SONNTAG, R. E., "Fundamentos da Termodinâmica Clássica", Editora Edgard Blücher Ltda, 2003.



Manutenção em Pequenas Empresas: Uma abordagem geral

Clélio Souza

Resumo: Esta coletânea de recomendações é direcionada principalmente à região interiorana do estado da Bahia, é proposto com o sentido de dar uma visão geral dos principais aspectos a serem considerados na manutenção de equipamentos mecânicos, em pequenas empresas industriais, urbanas ou agrícolas, ou empresas de prestação de serviços de engenharia em manutenção ou em construções.

Palavras chave: manutenção em pequenas empresas, manutenção de equipamentos mecânicos, tópicos de manutenção mecânica em pequenas empresas

Abstract: *This collection of recommendations is aimed mainly at the interior region of the state of Bahia, with the purpose of giving an overview of the main aspects to be considered in the maintenance of mechanical equipment, in small industrial, urban or agricultural companies or companies providing engineering in maintenance or construction*

Keywords: *small business maintenance, mechanical equipment maintenance, mechanical maintenance topics in small businesses*

A manutenção industrial pode ser conceituada como sendo um conjunto de ações planejadas para manter ou restaurar uma peça, um equipamento ou sistema visando assegurar a condição operacional esperada, objetivando a máxima vida

útil em plenas condições de segurança.

A **NBR 5462** define os termos relacionados com a confiabilidade e a manutenibilidade e, em seu anexo A, estabelece relações entre os

conceitos de defeito, falha e pane. Define ainda, a “Manutenção” como sendo: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Nota: A manutenção pode incluir uma modificação do item.”

Define a Política de Manutenção: “Descrição das inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item”.

No geral existem três tipos de manutenção industrial: a corretiva, a preventiva e a preditiva. Visam corrigir, prevenir ou antecipar defeitos, falhas e panes de equipamentos e sistemas, de forma a atender às demandas operacionais de confiabilidade e mantenedibilidade das instalações.

A **manutenção corretiva**, exercida na indústria de maneira bem organizada desde fins do 1º terço do século XX, é realizada quando os equipamentos ou máquinas têm algum tipo de falha ou desgaste, não necessariamente em situações emergenciais.

A NBR 5462 define Manutenção corretiva: “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

A manutenção corretiva planejada, é realizada em geral quando é percebida deficiência no desempenho ou integridade operacional dos equipamentos. Tem custo menor que a manutenção emergencial, mas ainda tem perda de produtividade durante o período de percepção da deficiência operacional.

As manutenções não planejadas ocorrem em situações de emergência, geralmente com grandes perdas de produção e tempo ocioso de equipamentos.

A **manutenção preventiva** é realizada periodicamente para prevenir danos nos equipamentos, ou seja, antes que estes ocorram, podendo

ser condicional, ou programada de acordo com o estado operacional dos equipamentos, ou preventiva sistemática, que ocorre em intervalos pré-definidos.

Na NBR 5462 -> Manutenção preventiva: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

A **manutenção preditiva** atende a uma determinada metodologia “filosófica” da empresa, utiliza técnicas estatísticas de acompanhamento do estado dos equipamentos e análise de dados coletados durante o seu monitoramento. Busca antecipar eventuais problemas de forma a evitar falhas e despesas com manutenções corretivas geralmente graves para o custo e continuidade da produção.

Define a NBR5462: Manutenção controlada / Manutenção preditiva: “Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”.

Dentre os grandes problemas que podem ocorrer em uma instalação ou equipamento por falhas na manutenção, e o seu impacto na estrutura da produção ou imagem da empresa, além de grandes prejuízos econômicos, podemos destacar:

- parada da produção
- danos ao meio ambiente que podem ser localizados ou de grande extensão.
- acidentes graves, geralmente com danos a equipamentos, com ou sem feridos ou até mortes.

As recomendações de manutenção são baseadas nos padrões da empresa e na experiência. No entanto, equipamentos e situações variam muito, e deve ser feito esforço de engenharia e gestão ao aplicar estas recomendações. Outras fontes de informação devem ser consultadas em conjunto com estas recomendações (por exemplo, recomendações do fabricante, condições operacionais incomuns, experiência com o equipamento, etc.).

Considerações Gerais

Manutenção preventiva – (MP)

O objetivo é, seguindo procedimentos de manutenção rotineiros e abrangentes. Alcançar interrupções menores, mais curtas e mais previsíveis. Algumas vantagens da MP são:

- É previsível, fazendo orçamento, planejamento e nivelamento de recursos
- Praticado adequadamente, evita a maioria dos problemas como, interrupções forçadas, “manutenção reativa” e custos de manutenção em geral.
- Assegura aos gerentes que o equipamento está sendo mantido, é facilmente entendido e justificado.

Mas tem algumas desvantagens:

- É demorado e consome muitos recursos.
- Não considera a condição real do equipamento ao programar ou executando a manutenção.
- Pode eventualmente causar problemas no equipamento, além de resolvê-los (por exemplo, selos avariados, roscas danificadas).

Apesar dessas desvantagens, a MP provou ser confiável, na maioria dos programas de manutenção.

No entanto, deve-se ter cuidado ao aplicar as recomendações de MP. A implementação de recomendações de MP sem considerar a criticidade dos equipamentos ou condição do equipamento pode resultar em uma programação de trabalhos inalcançável.

Para mitigar esse problema, os gerentes de manutenção podem optar por aplicar um programa de manutenção centrada na confiabilidade (RCM) conscientemente escolhido, efetivamente implementado e devidamente documentado.

Manutenção Centrada na Confiabilidade (Reliability-Centered Maintenance - RCM)

Programas de RCM estão ganhando popularidade e foram implementados em várias instalações com bons resultados. O objetivo



desses programas é fornecer a quantidade apropriada de manutenção no momento certo para evitar interrupções e, ao mesmo tempo, eliminar a manutenção desnecessária.

Implementado corretamente, o RCM pode eliminar algumas das desvantagens do MP e pode resultar em um programa de manutenção mais eficiente e simplificado.

Algumas características do RCM são:

- Pode ser trabalhoso e consome tempo para configurar inicialmente.
 - Pode exigir monitoramento adicional de dados, como temperatura e vibração, para ser eficaz. Isso pode significar novos equipamentos de monitoramento com seu próprio MP ou mais monitoramento humano com múltiplas inspeções.
 - Isso pode resultar em uma filosofia de manutenção “run-to-failure” para alguns equipamentos que podem causar preocupação para alguns funcionários e gerentes. Pode exigir revisões iniciais e posteriores do cronograma de manutenção tipo “Tentativa e erro” dependendo do sucesso do cronograma inicial de manutenção e condição do equipamento.
 - Isso deve resultar em uma carga de trabalho de manutenção mais gerenciável, focado no equipamento mais importante.
- Para um programa RCM viável, ele deve:
- Ser escolhido como filosofia de manutenção local pela gerência.
 - Ser implementado de acordo com as práticas de RCM geralmente aceitas.

- Ser documentado para que as decisões de manutenção sejam defensáveis.

Manutenção Baseada em Condições (Condition-Based Maintenance)

Este programa depende do conhecimento da condição de cada um dos equipamentos da instalação.

Alguns recursos do CBM incluem:

- Monitorar parâmetros de equipamentos como temperaturas, pressões, vibrações, corrente de fuga, etc.
- Teste periódico e / ou quando houver suspeita de problemas, como medição de vibração e termografia.
- Monitorar cuidadosamente os dados coletados pelo operador.

Os inconvenientes para a CBM incluem ser muito difícil e caro monitorar alguns dados. Requer uma análise de alta confiabilidade para ser eficaz; e também equipamentos de monitoramento de condição e tais sistemas próprios também exigem manutenção. Devido a essas desvantagens, é muito difícil ter um programa inteiramente CBM.

Combinação de manutenção preventiva e baseada em condições (Combination of Condition-Based and Preventive Maintenance)

Uma combinação de CBM e MP é talvez a abordagem mais prática. Monitorar, testar e usar dados históricos e cronogramas de MP pode fornecer melhores informações sobre quando o equipamento deve ser mantido. Mantendo registros precisos da condição “como encontrada” do equipamento quando ele é desmontado para manutenção, pode-se determinar qual manutenção foi realmente necessária. Dessa maneira, os cronogramas de manutenção podem ser ampliados ou talvez reduzidos, com base em experiência e monitoramento.

Quer seja utilizando um programa de manutenção baseada em PM, RCM ou baseado em

condição CBM, ou uma combinação destes, a manutenção programada deve ser o foco principal do pessoal de manutenção. Isso reduzirá a reatividade (manutenção corretiva de emergência). Na busca da regularidade operacional, a manutenção programada pode ter uma prioridade mais alta do que outros projetos especiais, deve ser a prioridade nº 1.

Padrões Recomendados e Referências

As edições atuais das seguintes normas e referências publicadas devem ser mantidos localmente para engenheiros mecânicos, mestres mecânicos, mecânicos supervisores e outros funcionários de O & M para usar:

- Padrões NFPA (National Fire Protection Association) aplicáveis
- American National Standards Institute aplicável (ANSI) / americano Padrões da Sociedade para Testes e Materiais (ASME) para guindastes
- NBR 5462NOV 1994 Confiabilidade e manutenibilidade (e outras normas ABNT aplicáveis aos equipamentos da instalação) - Além dos manuais de manutenção específicos de cada equipamento.

Procedimentos de manutenção e teste

As atividades de manutenção se dividem em três categorias gerais:

- Manutenção de Rotina - Atividades que são realizadas enquanto o equipamento e os sistemas estão em serviço. Essas atividades são previsíveis e podem ser programadas e orçadas. Geralmente, estas são atividades em um cronograma baseado em tempo ou baseado em “medidor” derivado de prevenção ou previsão estratégicas de manutenção. Alguns exemplos são inspeções visuais, limpeza, testes funcionais, medição de grandezas operacionais, lubrificação, testes de óleo, etc.
- Testes de Manutenção - Atividades que envolvem o uso de equipamentos de teste para avaliar na condição fora de serviço. Essas atividades são previsíveis e podem ser orçadas e agendadas em um horário para coincidir com o equipamento em interrupções programadas. Como essas atividades são previsíveis, alguns as consideram “Manutenção de

rotina” ou “manutenção preventiva”.

- Testes de Diagnóstico - Atividades que envolvem o uso de equipamentos de teste para avaliar a condição do equipamento após eventos incomuns, como falha/reparo/substituição de equipamentos ou quando houver suspeita de deterioração do equipamento. Essas atividades não são previsíveis e não podem ser agendadas porque são necessários após uma interrupção forçada.

Programações de Manutenção e Documentação

Documentação completa e atualizada é essencial para uma programação de manutenção.

As recomendações de manutenção a seguir devem ser usadas como base para estabelecer ou refinar um cronograma de manutenção. Estas recomendações podem orientar Planos de Trabalho ou Ordens de Serviço ou Sistema de gestão de manutenção.

O sistema de arquivo de registros de manutenção regular e de emergência deve estar organizado para que o histórico de manutenção de cada equipamento esteja sempre disponível. Isto é importante para planejar e conduzir um programa contínuo de manutenção. É fundamental para a equipe de gerenciamento e manutenção a disponibilidade de desenhos e data-sheets atualizados.

Segurança durante a manutenção

Realizar manutenção em equipamentos mecânicos pode ser perigoso. Energia elétrica e mecânica podem causar ferimentos e morte se não for administrada adequadamente. Todas atividades de manutenção devem ser realizadas de acordo com planos de trabalho e padrões de segurança previamente estabelecidos principalmente no tocante a segurança dos trabalhadores e da própria instalação.

Tópicos de manutenção em alguns dos equipamentos mecânicos mais comuns e seus dispositivos

CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES:

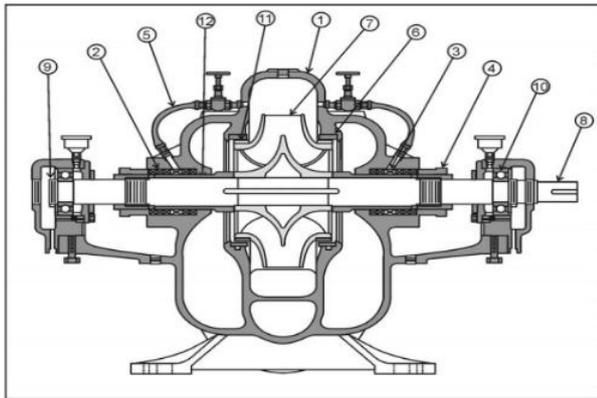
A NR-13 estabelece requisitos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à

segurança e à saúde dos trabalhadores.

Esta NR é para seguintes equipamentos enquadrados no seu item 13.2.1 e seguintes: (a) caldeiras conforme item 13.4.1.1; b) vasos de pressão cujo produto (P.V.) da pressão máxima de operação em kPa. e o seu volume interno em m³ seja superior a 8 (oito); c) vasos de pressão que contenham fluido da classe A, conf. item 13.5.1.2, alínea “a”); d) recipientes móveis com P.V superior a 8 (oito) ou com fluido da classe A, especificados no item 13.5.1.2, alínea “a”); e) tubulações interligadas a caldeiras ou vasos de pressão, que contenham fluidos de classe A ou B conforme item 13.5.1.2, alínea “a)” desta NR.

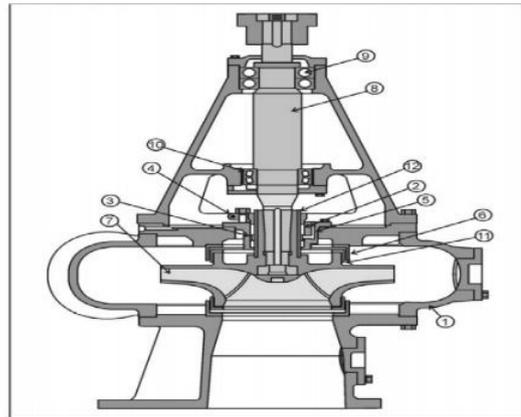
Bombas: Basicamente, existem dois tipos de bombas: de deslocamento dinâmico e positivo. Essas classificações são baseadas na forma como a bomba transmite movimento e pressão ao fluido.

Bombas de deslocamento dinâmico em sua maioria são bombas centrífugas, entretanto há bombas de efeito especial como edutores e as bombas de ariete hidráulico, mas são de uso muito restrito, assim não consideramos neste artigo. De longe o tipo mais comum de bomba dinâmica é a bomba centrífuga. Nela, o impulsor, o componente rotativo da bomba que transmite a energia necessária ao fluido para fornecer fluxo e pressão, é classificado de acordo com a direção do fluxo em referência ao eixo de rotação o impulsor. As três principais classes de impulsores centrífugos (rotores) são: 1. fluxo axial; 2. fluxo radial; 3. fluxo misto. Os rotores podem ser abertos, semi-abertos e fechados. São diversos os tipos de construção de bombas centrífugas para as mais diversas aplicações. Aqui trataremos de forma resumida a manutenção de uma forma geral aplicável a elas. Danos mais comuns às bombas centrífugas são provocados por falhas de selos mecânicos e erosão por corrosão e/ou abrasão, cavitação ou recirculação. Além da troca de vedações, os danos mais comuns são decorrentes da erosão por cavitação ou recirculação e, os reparos geralmente por solda (quando inviável a substituição do rotor) uma vez que reparos por epoxies e outros materiais não são bem sucedidos, têm que ser por procedimentos adequados para evitar fissuras e/ou outros danos ao rotor.



Double Suction Horizontal Volute Pump

Stationary Parts	Rotating Parts
1 Pump Case	7 Impeller
2 Packing	8 Pump Shaft
3 Lantern Ring	9 Thrust Bearing
4 Packing Gland	10 Line Bearing
5 Packing Water Supply	11 Rotating Wear Ring
6 Stationary Wear Ring	12 Shaft Sleeve



Parts of a Vertical Volute Pump

Stationary Parts	Rotating Parts
1 Pump Case	7 Impeller
2 Packing	8 Pump Shaft
3 Lantern Ring	9 Thrust Bearing
4 Packing Gland	10 Line Bearing
5 Packing Water Supply	11 Rotating Wear Ring
6 Stationary Wear Ring	12 Shaft Sleeve

Outro ponto de manutenção são os “anéis de desgaste ou de vedação” entre um rotor e a carcaça. Podem ser substituídos quando desgastados ou, reparados conforme seu projeto permita.

Selos mecânicos são aplicados em bombas e turbinas, permitem muito pouco vazamento e podem ser projetados para operar em altas pressões, e corretamente instalados terão vida longa com pouca manutenção.

Os acoplamentos de eixo são usados para conectar o eixo de um acionador, como uma turbina ou um motor, para o eixo de uma máquina acionada, como uma bomba ou gerador. Acoplamentos rígidos exigem alinhamento preciso (flangeados e roscados são os mais utilizados). Os acoplamentos flexíveis são projetados para acomodar ligeiro desalinhamento entre eixos e, até certo ponto, amortecem a vibração. São muito usados em bombas horizontais. Se corretamente alinhados, a maioria dos acoplamentos deve exigir muito pouca manutenção fora de inspeção periódica e, em alguns casos, lubrificação.

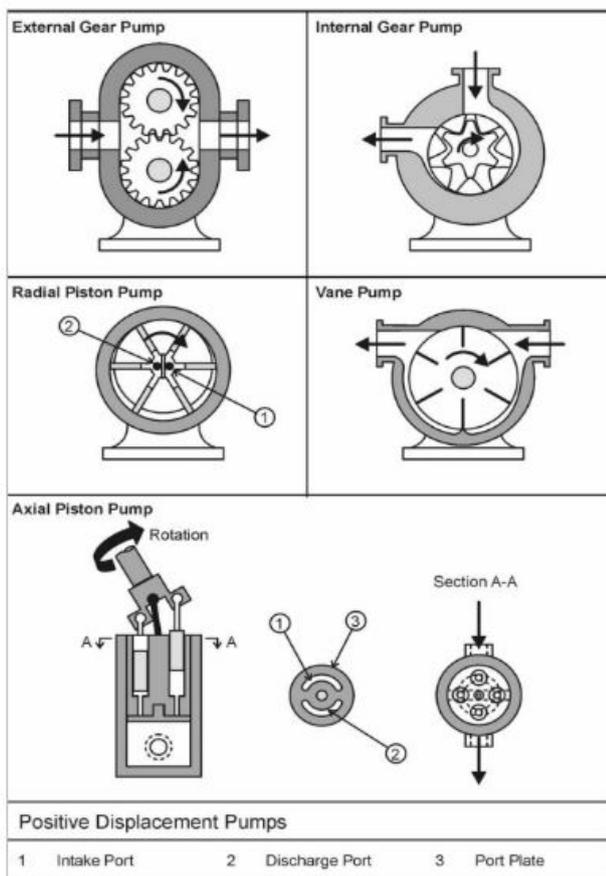
O desalinhamento é um problema comum e às vezes sério, pode causar desgaste prematuro ou falha dos rolamentos, superaquecimento dos acoplamentos do eixo e, em casos extremos, eixos rachados ou quebrados. O procedimento para alinhamento depende do tipo de equipa-

mento e seu design. O fabricante do acoplamento deve fornecer à instalação instruções que indicam as tolerâncias permitidas para o projeto.

Monitoramento e análise de vibrações podem ser uma parte útil de um programa de manutenção preditiva. Há uma variedade de sistemas disponíveis de monitoramento de vibração. Alguns usam sensores permanentemente montados para monitorar os níveis de vibração, enquanto outros exigem leituras a serem periódicas com sensores manuais. O tipo de sistema utilizado depende do equipamento sendo monitorado.

Lubrificação: O objetivo principal de um lubrificante é reduzir o atrito e o desgaste entre superfícies móveis, mas um lubrificante também atua como refrigerante, evita a corrosão e veda sujeira e outros contaminantes. o fabricante do equipamento deve fornecer informações específicas sobre o tipo de lubrificante e a manutenção periódica recomendada para uma aplicação particular.

Bombas de deslocamento positivo envolvem o fluido através do uso de engrenagens, pistões, diafragmas ou outros dispositivos que empurrem ou “pressionem” o fluido para fora através da linha de descarga. As bombas de deslocamento são divididas em dois grupos - recíprocas (como pistão e bombas de diafragma) e rotativas (como bombas de engrenagens, parafusos e palhetas).



Bombas de deslocamento positivo (engrenagem, palheta, pistão axial e radial, pistão) são usadas em uma variedade de aplicações como sistemas hidráulicos. Bombas helicoidais com parafuso simples ou múltiplos parafusos, são comumente usadas para outros fluidos, mas também em sistemas hidráulicos. Bombas de engrenagens são usadas para graxas e fluidos viscosos. As bombas de palhetas consistem em um invólucro e um único rotor excêntrico com múltiplas palhetas deslizando em fendas no rotor. A força centrífuga mantém as pás em contato com o interior da carcaça da bomba. À medida que o rotor gira, o fluido é puxado para dentro da bomba pelo volume gradualmente crescente entre as palhetas; e depois é empurrado para fora através da descarga como o volume diminui gradualmente. A bomba de pistão radial é semelhante em construção à bomba de palhetas, pois tem um único rotor excêntrico ao alojamento da bomba; mas ao invés de pás, tem pistões radiais. Os pistões são

mantidos contra o alojamento da bomba por força centrífuga, e o fluido é bombeado pela ação recíproca dos pistões em seu cilindro. O rotor da bomba de pistão axial consiste em um bloco de cilindro redondo com cilindros, paralelos ao eixo do bloco de cilindros. O bloco de cilindros gira em um o ângulo ao eixo de movimentação, e o líquido é bombeado pela ação “vai e vem” dos pistões no bloco de cilindros.

Compressor de ar é um equipamento comum encontrado na maioria das indústrias e oficinas de manutenção. Existem vários tipos diferentes de compressores mas os dois tipos mais comuns são o alternativo e rotativo (compressores de parafuso). O compressor alternativo pode ser simples ou multicilindros, simples ou dupla ação, simples ou multiestágios, refrigerado a ar ou a água, e pode ter um arranjo de cilindro vertical ou angular.

O compressor de parafusos, usa dois rotores helicoidais para comprimir o ar. O rotor pode ser: inundado por óleo (lubrifica, veda e refrigera os rotores removendo o calor da compressão) o que requer o uso de separador de ar-óleo à saída do ar; ou a seco, que exige o uso de engrenagens de sincronismo para manter a folga adequada entre os rotores. A construção de um compressor de parafuso é tal que exige pouca manutenção no campo pelos operadores, a filtragem do óleo é cuidado especial pois as tolerâncias apertadas o exigem.

Sistemas de combate a incêndio: Inspeções periódicas, testes e manutenção de sistemas de proteção contra incêndio são fundamentais para garantir um sistema funcional que permita proteção à vida e à propriedade. Compõe-se em geral em todas as unidades industriais por dispositivos mecânicos e elétricos, bombas, tubulações, válvulas, sprinklers e outros acessórios de proteção e supressão. É obrigatório programação de

manutenção conforme recomendações e as normas internacionais e ABNT específicas. Altamente recomendável, ainda, a consulta ao “Corpo de Bombeiros” quanto às recomendações e normas municipais e estaduais, estabelecidas pela corporação.

Principais normas ABNT e internacionais relativas a manutenção, confiabilidade e segurança industrial:

Norma Brasileira – NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade ;

NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems; NFPA 25, “Standard for the Inspection, Testing and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems”; NFPA 101, “Life Safety Code”;NFPA 13, “Standard for Installation of Sprinkler Systems”; NFPA 115 “Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection”; NFPA 20, “Standard for Installation of Stationary Pumps for Fire Protection”;• NFPA 22, “Standard for Water Tanks for Private Fire Protection”.

E-mail de contato do autor:
cleliosouza@gmail.com

Referências

Inorma Brasileira – NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade

Maintenance Scheduling for Mechanical Equipment. - U.S. Department of the Interior - Bureau of Reclamation - Denver, Colorado – January 2009



Professor José Lourenço de Almeida Costa, um homem à frente do seu tempo

Caiuby Alves da Costa

JOSÉ LOURENÇO DE ALMEIDA COSTA nasceu em Salvador, Bahia, em 12 de março de 1895, filho de Lourenço Costa e Aureolina de Almeida Costa. Formou-se em Engenharia Elétrica na Universidade de Pennsylvania/EUA em 1914 e em 1919 se tornou instrutor na mesma Universidade e membro da Sociedade Sigma X. A., Capítulo Pennsylvania EUA. Trabalhou na Westinghouse Electric Mfg. Co, Pittsburgh, EUA e na Standard Underground Cable Co, EUA.

De volta ao Brasil, iniciou suas atividades como professor na Escola Politécnica da Bahia - atual Escola Politécnica da UFBA - em 1921 lecionando a cadeira de Eletrotécnica no Curso de Engenharia Civil.

Foi fundador do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Bahia, nomeado Catedrático interino de Eletrotécnica Geral do Curso de Engenharia Elétrica, ao longo de sua docência vivenciou a Escola Politécnica da Bahia como Instituição privada, como Instituição Federalizada, como Instituição sob administração estadual e finalmente como Instituição Federal que viria a compor a Universidade da Bahia, atual UFBA.

Trabalhou como engenheiro eletricista na companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, atual COELBA, onde desenvolveu várias atividades, entre elas a de Engenheiro Consultor Chefe do Departamento de Desenvolvimento Econômico da CEEB. Foi

ainda sócio fundador do SENGE- BA - Sindicato dos Engenheiros da Bahia e seu primeiro vice-presidente. Aposentou-se em 1967.

Como profissional, ainda contribuiu na área da energia e na área do urbanismo. Traço marcante da personalidade do professor Lourenço Costa, sua lhanza no trato diário com seus semelhantes, seu sorriso aberto e franco e sua preocupação e atenção com o trabalho desenvolvido pelos jovens colegas.

Que todos nós possamos continuar a apreender com os exemplos de vida e com a obra desse grande professor, engenheiro e cidadão baiano e brasileiro, JOSÉ LOURENÇO DE ALMEIDA COSTA.



O engenheiro José Lourenço Costa

Mesmo após a compulsória na UFBA, o prof. Lourenço Costa, entusiasta estudioso da engenharia, continuou atuando profissionalmente na COELBA.

Conta o engenheiro Gustavo Paez Ortega, seu colega na Coelba nos anos 1970 que, caminhando pelos corredores da Coelba, na cidade alta, encontrou-se com o Dr. Costa. Ele trazia nas mãos uma dezena de carteiras de trabalho e Gustavo – espantado - lhe perguntou: “Dr. Costa, aonde o senhor vai com essas carteiras?”

Ele respondeu: “Estou indo solicitar minha aposentadoria. Sofro com a redução da minha capacidade visual e praticamente não posso mais ler; e se eu não posso mais ler, não posso continuar sendo engenheiro”.



Galeria



Galeria



Galeria



O engenheiro José Lourenço de Almeida Costa ao centro com a esposa e duas netinhas, Diretores da COELBA e outros colegas e amigos da velha guarda, quando era homenageado no dia 30 de maio p. p. por motivo da sua aposentadoria.

MÉRITOS

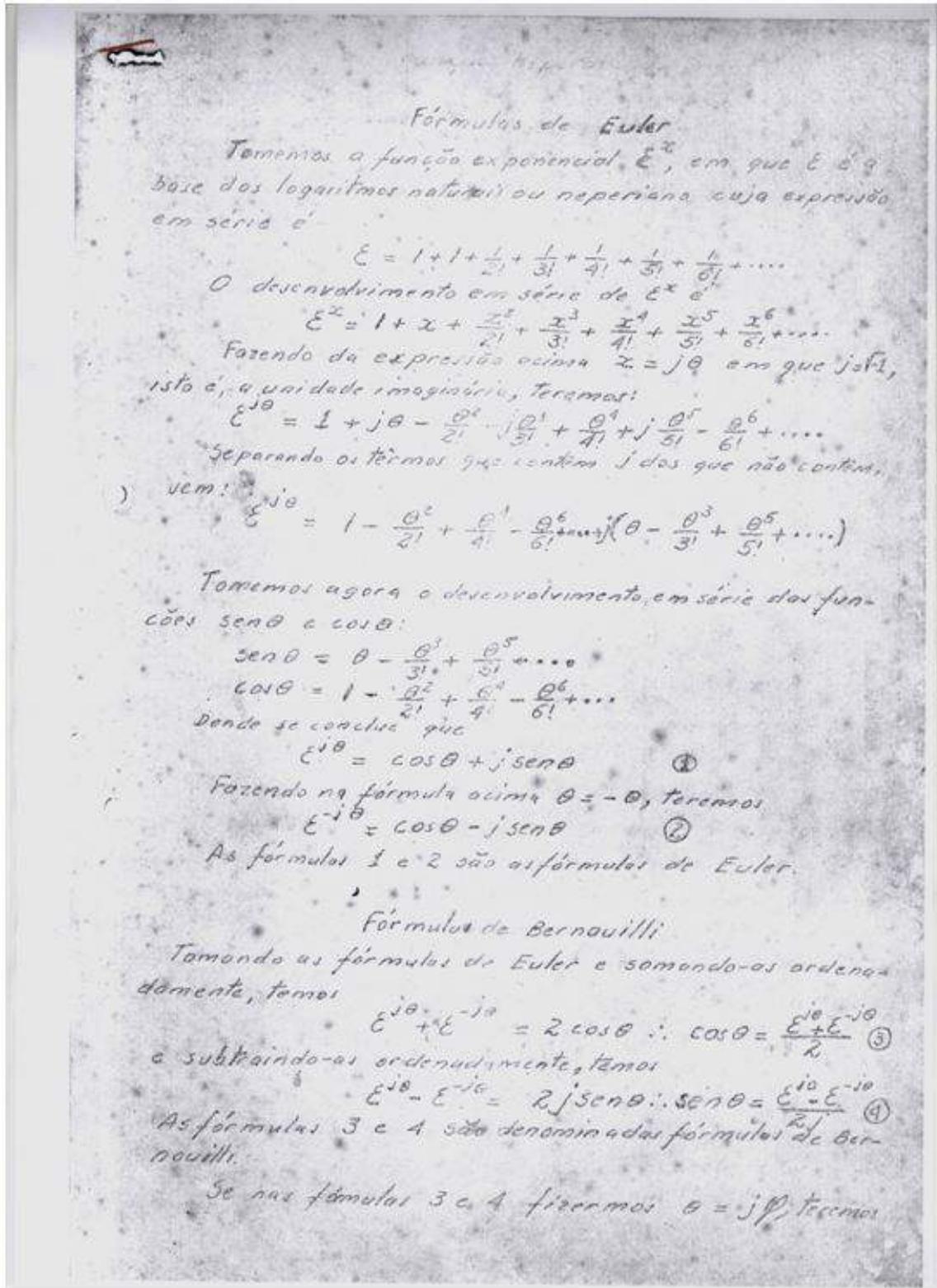
O engenheiro José Lourenço Costa nasceu em Salvador em 12 de março de 1895, contando portanto com 80 anos de idade. Fez o curso primário e parte do secundário aqui, seguindo depois para os Estados Unidos, onde realizou o curso superior, formando em 1917, em engenheiro eletrotécnico pela Universidade

de Pennsylvânia, da qual mais tarde foi Instrutor de cadeira de Eletrotécnica e Professor aposentado da Escola Politécnica de UFBA, tendo ensinado também na Escola de Engenharia Eletromecânica da Bahia, de qual foi um dos fundadores.

É casado com Dona Alice de Lima Teixeira Costa com quem já completou 52 anos de feliz união conjugal e tem dois filhos: José Antonio Teixeira Costa e Luiz Carlos Teixeira Costa, ambos formados, o primeiro em Direito e o segundo em Engenharia Eletromecânica.

Por tudo isso, ao deixar o nosso convívio depois de ter prestado 47 anos de bons serviços, o engenheiro José Lourenço Costa recebeu as homenagens de todos os colegas. Parabéns para ele que soube cumprir com os seus deveres e agora faz jus a merecida aposentadoria junto a sua família e aos seus doze netos.

FRAGMENTOS DE AULA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA - 1960



FRAGMENTOS DE AULA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA - 1960

2

$$\cos j\varphi = \frac{e^{j(j\varphi)} + e^{-j(j\varphi)}}{2} \dots$$

$$\cos j\varphi = \frac{e^{j^2\varphi} + e^{-j^2\varphi}}{2} \dots$$

$$\cos j\varphi = \frac{e^{-\varphi} + e^{-\varphi}}{2} \quad (5)$$

Para o seno, temos

$$\sin j\varphi = \frac{e^{j^2\varphi} - e^{-j^2\varphi}}{2j} \dots$$

$$\sin j\varphi = \frac{e^{-\varphi} - e^{-\varphi}}{2j} \dots$$

Dividindo ambos os membros por j , vem

$$\frac{\sin j\varphi}{j} = \frac{e^{-\varphi} - e^{-\varphi}}{2j \cdot j}$$

$$\frac{\sin j\varphi}{j} = -\frac{e^{-\varphi} - e^{-\varphi}}{2}$$

$$-j \sin j\varphi = \frac{e^{-\varphi} - e^{-\varphi}}{2} \quad (6)$$

Verificou-se que as expressões 5 e 6 estão relacionadas com a hipérbole, por esta razão denominou-se de cosseno hiperbólico e seno hiperbólico, isto é

$$(5) \quad \cosh \varphi = \frac{e^{\varphi} + e^{-\varphi}}{2} \quad \text{e} \quad \sinh \varphi = \frac{e^{\varphi} - e^{-\varphi}}{2} \quad (6)$$

Comumente se usa para abreviar os nomes das funções hiperbólicas as abreviações das funções trigonométricas seguidas da letra h ou a primeira letra da função trigonométrica seguida da letra h . Vejamos alguns exemplos:

- Cosseno hiperbólico de $\theta = \cosh \theta$ ou $ch \theta$
- Seno hiperbólico de $\theta = \sinh \theta$ ou $sh \theta$
- Tangente hiperbólica de $\theta = \tanh \theta$ e $Th \theta$ etc.

Dividindo as 6 e 5 ordenadamente, teremos

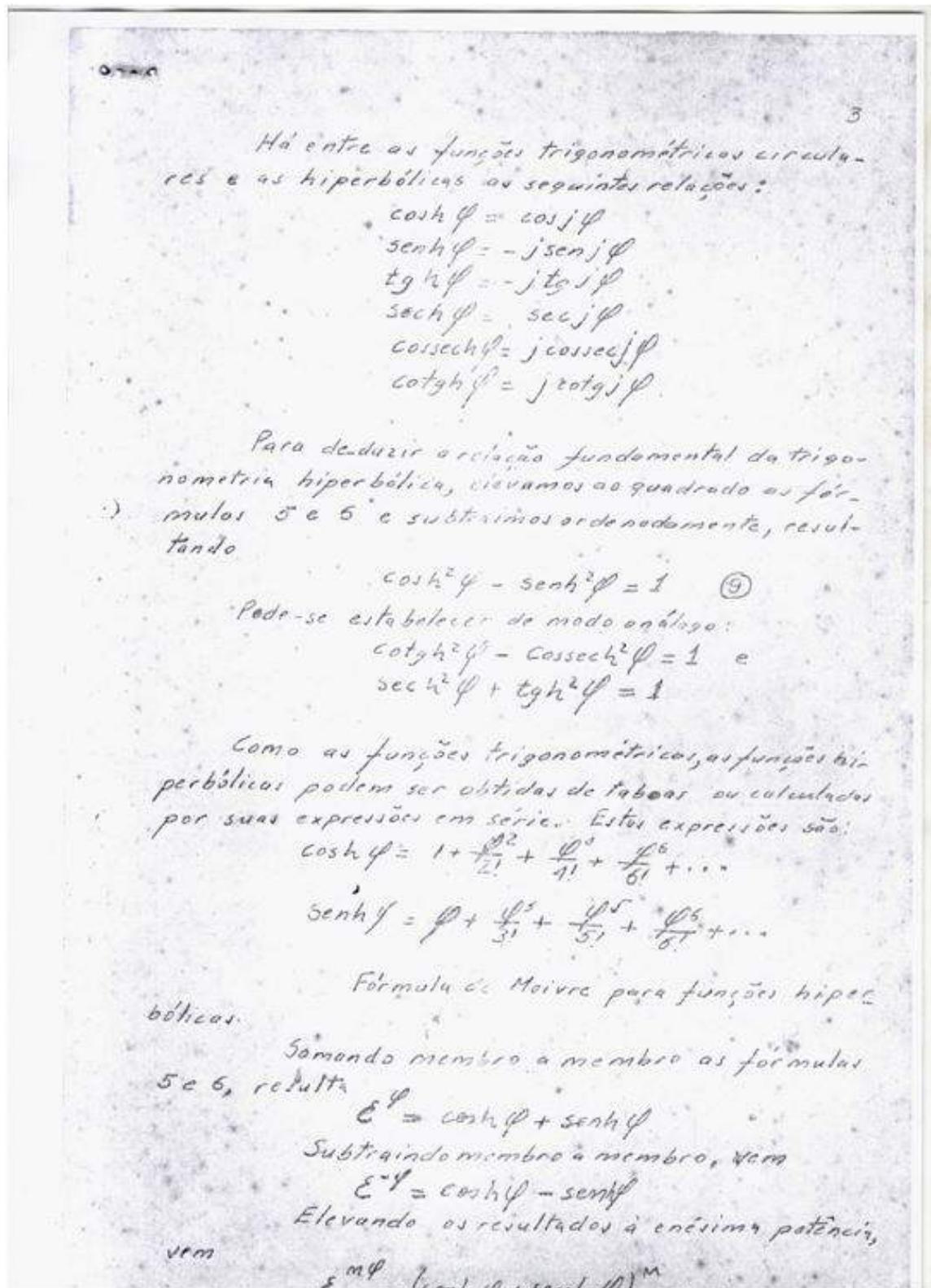
$$\frac{\sinh \varphi}{\cosh \varphi} = \frac{e^{\varphi} - e^{-\varphi}}{e^{\varphi} + e^{-\varphi}} = \tanh \varphi \quad (7)$$

De modo idêntico se obtém

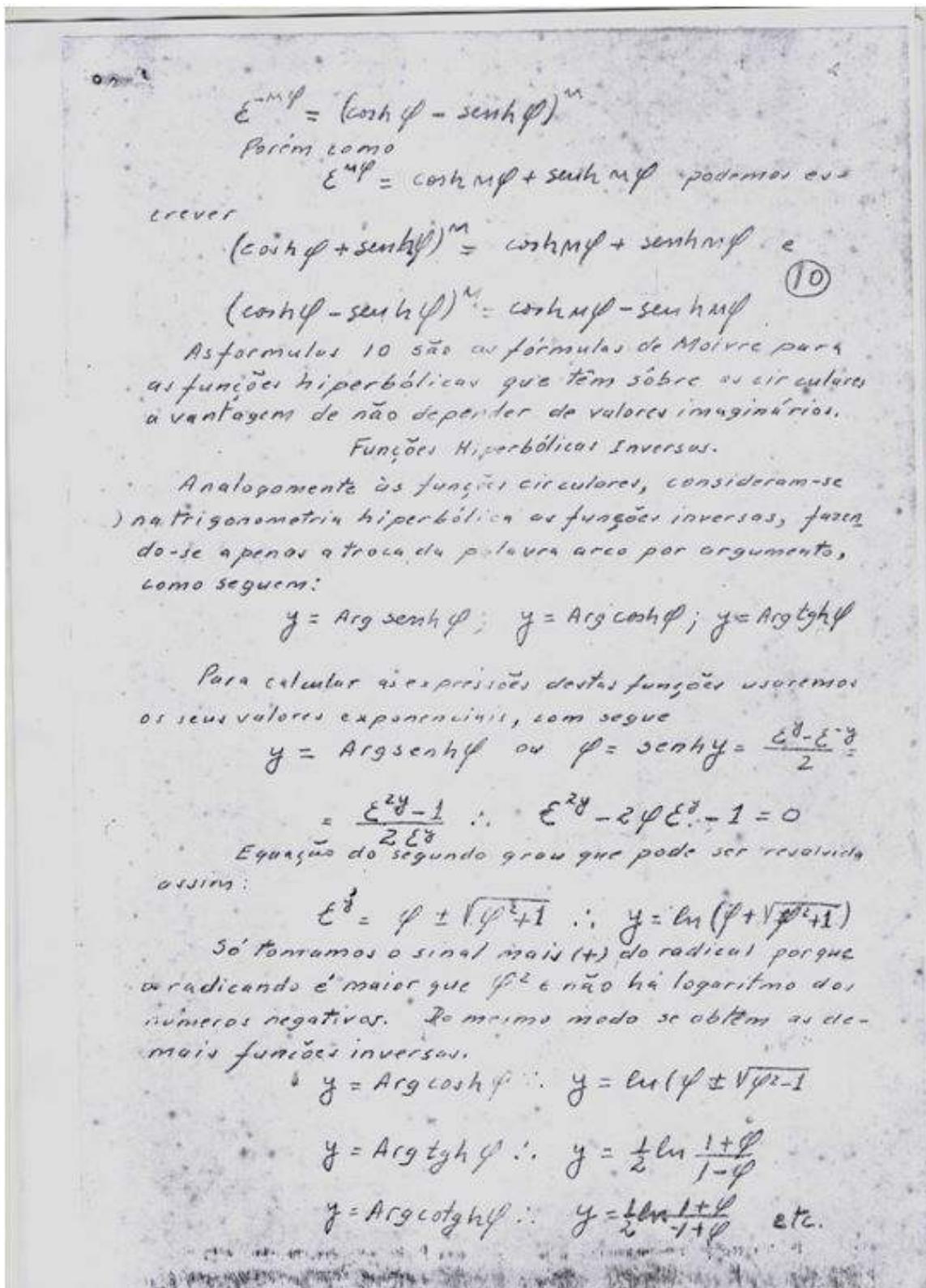
$$\operatorname{sech} \varphi = \frac{1}{\cosh \varphi}, \quad \operatorname{cosech} \varphi = \frac{1}{\sinh \varphi} \quad \text{e}$$

$$\operatorname{cotgh} \varphi = \frac{1}{\tanh \varphi} \quad (8)$$

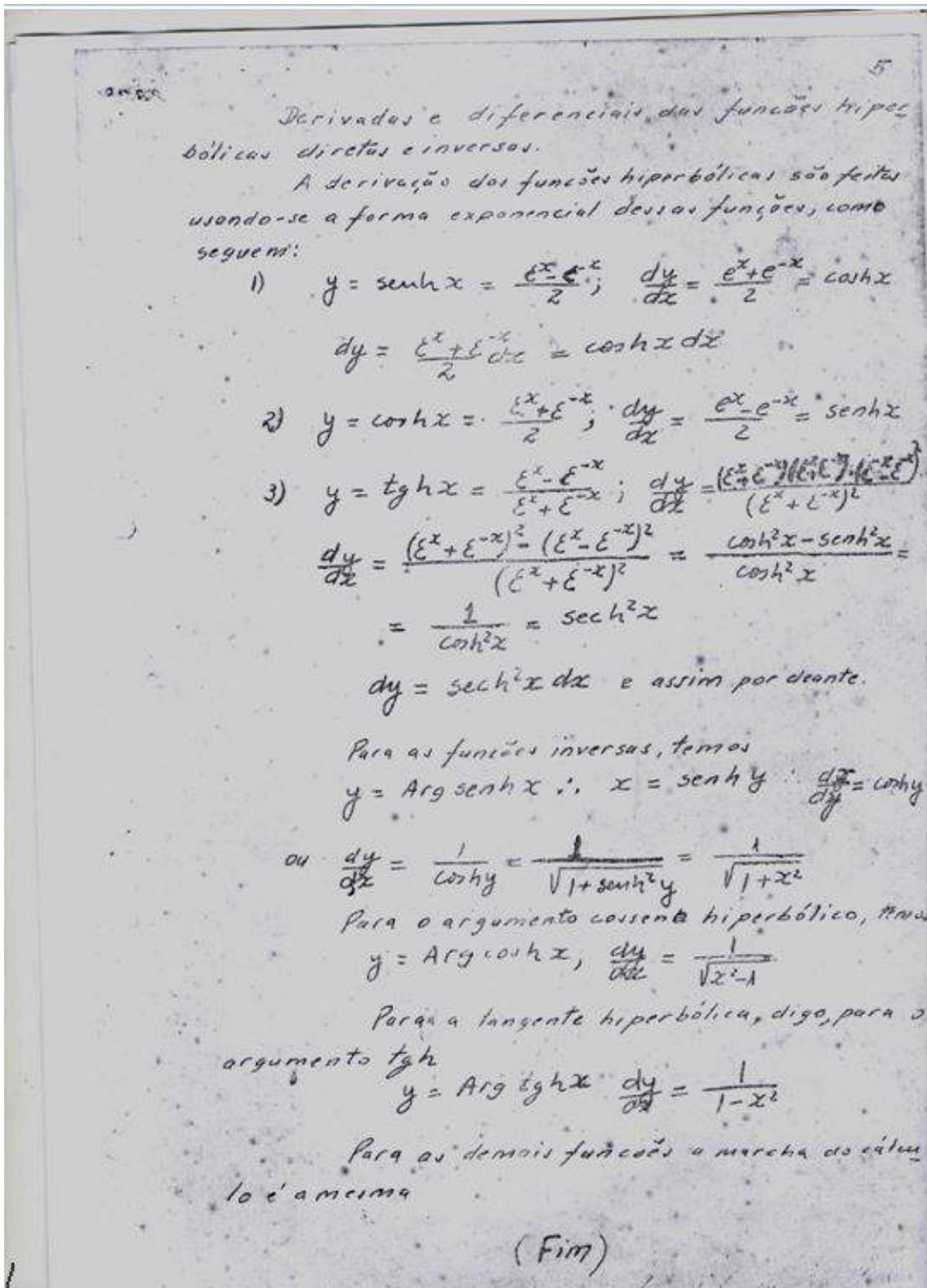
FRAGMENTOS DE AULA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA - 1960



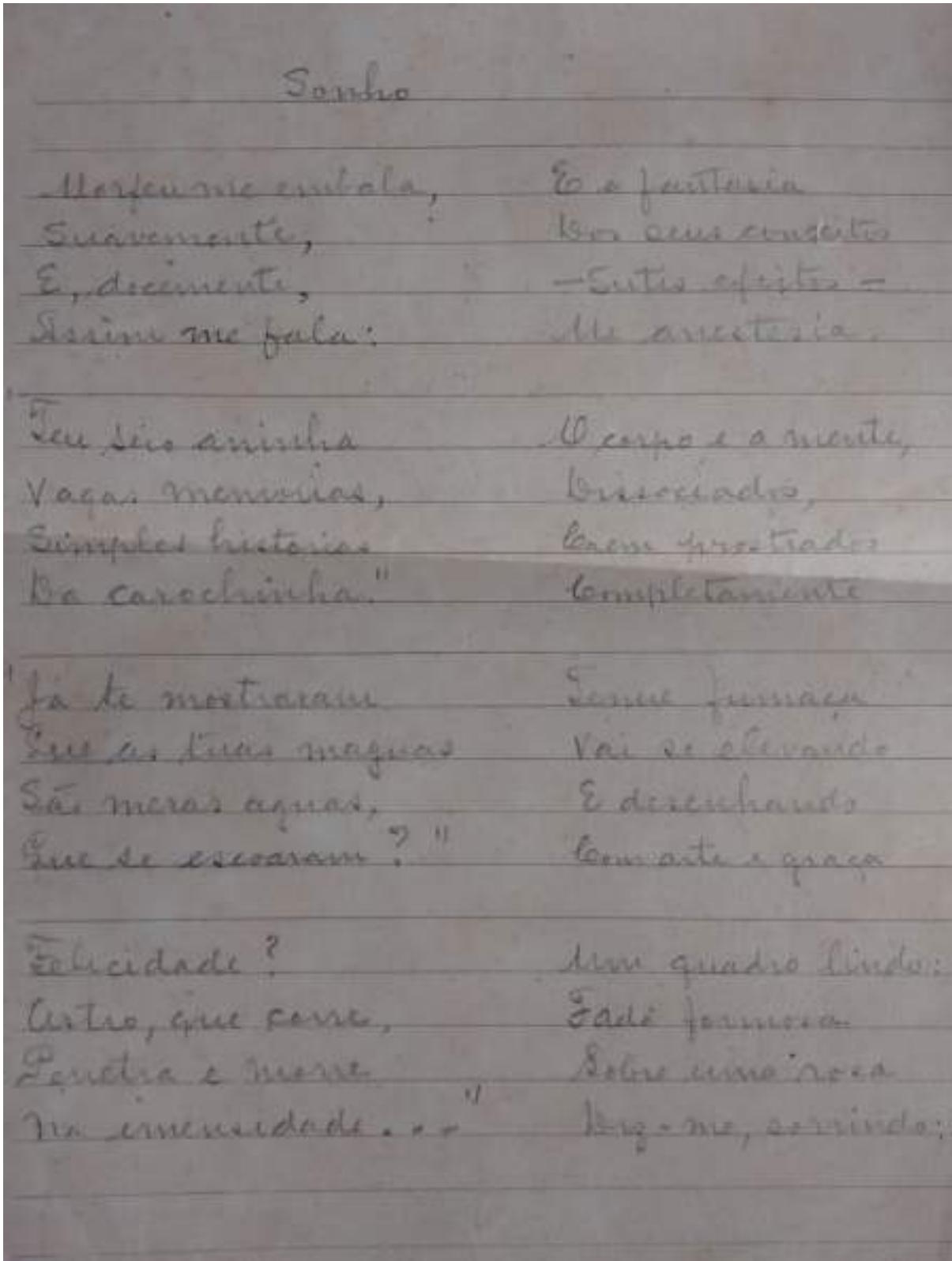
FRAGMENTOS DE AULA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA - 1960



FRAGMENTOS DE AULA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA - 1960



FRAGMENTOS DE UM POEMA DE PROF. JOSÉ LOURENÇO COSTA





Um ano repleto de realizações para o Instituto Politécnico

2019 tem sido um ano de muito profícuo de realizações para o IPB, que agradece todo o apoio recebido de seus grandes parceiros e de seus associados.

A consolidação da AGENDA DE DESENVOLVIMENTO BAHIA - A Engenharia como propulsora do desenvolvimento econômi-

co e social, cada vez mais motivada pelos interesses da comunidade e voltada para a interiorização do conhecimento, é um fato e o Fórum PROF. LOUREÇO DE ALMEIDA COSTA - A Geração de Energia Elétrica para estabelecimentos Industriais e Agrícolas de Pequeno e Médio Porte comprovou isso através da grande participação de todos.



Mesa de abertura do Fórum

Foco nas demandas atuais da sociedade em relação à Engenharia com um olhar nos grandes profissionais do passado e suas relevantes contribuições têm sido as marcas do IPB, que também não deixa de investir no futuro, oferecendo aos futuros engenheiros um espaço aberto à solidificação de seus conhecimentos. Seminários, oficinas, minicursos, eventos focados na troca de

conhecimentos entre essas gerações!

Novos cursos, novos eventos, novos parceiros, fortalecidos agora pelo novo portal de oportunidades aberto pelo CONFEA!

O Instituto Politécnico da Bahia compartilha com todos seus apoiadores, parceiros, membros e colaboradores diretos, esse momento de tantas realizações!



Presença da Família do Prof. José Lourenço



Presente e Futuro da Engenharia na Bahia

Ref. SESSÃO: Sessão Plenária Ordinária 1.499
 Decisão Nº: PL-1094/2019
 Referência: Processo nº 1748/2017
 Interessado: Instituto Politécnico da Bahia - IPB

Ementa: Homologa o registro para fins de parcerias da entidade de classe denominada Instituto Politécnico da Bahia - IPB no Crea-BA.

