

DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES PELO MÉTODO DE LANE-EYNON

São considerados Açúcares Redutores todos aqueles açúcares, como glicose e frutose, capazes de reduzir o cobre presente em soluções cuproalcalinas, passando da forma Cu^{2+} para a forma Cu^+ (redução dos íons cúpricos para cuprosos), tendo uma solução de Azul de Metileno como indicador do ponto final da reação. Os açúcares por sua vez, são oxidados a ácidos orgânicos.

Essa reação de oxi-redução não é estequiométrica, mas, sob as mesmas condições, mantém uma mesma proporcionalidade entre as quantidades de Açúcares Redutores oxidados e de cobre reduzido. Essa relação empírica pode ser utilizada para calcular a quantidade de Açúcar Redutor em uma solução necessária para reduzir, a quente, o cobre presente na forma de íons cúpricos, em uma solução alcalina estabilizada por tartaratos.

O cálcio, a sacarose e outras substâncias que reduzem o cobre influenciam o resultado final da análise, bem como, o tempo para a solução atingir a ebulição e a padronização da solução de Fehling.

Assim, as condições utilizadas devem ser mantidas constantes em todas as análises, para que os resultados sejam consistentes e apresentem variações mínimas entre as repetições.

No método de LANE & EYNON utiliza-se um volume exato do Licor de Fehling (solução cuproalcalina), de concentração conhecida em íons cúpricos, e, sabendo-se previamente a quantidade de açúcares redutores necessária para reduzir completamente esse cobre, de acordo com o volume de solução dos açúcares gastos, pode-se determinar a concentração de Açúcares Redutores nas amostras de teor desconhecido.

A análise de Açúcares Redutores compreende a medida de glicose e frutose presentes em uma solução açucarada; e a análise de Açúcares Redutores Totais compreende a medida da Sacarose invertida por meio ácido a quente, mais os açúcares redutores originais na amostra.

O método de LANE & EYNON é adequado para as amostras contendo entre 0,15 a 2,35% de Açúcares Redutores o que abrange todos os materiais em processo, com ou sem diluição prévia.

PADRONIZAÇÃO DO LICOR DE FEHLING

1- Materiais:

- Aparelho Ebuliostático – REDUTEC
- Balão volumétrico de 200 mL de capacidade
- Becker de 200 mL de capacidade
- Bureta de Mohr de 50 mL de capacidade
- Papel de Tornassol
- Pipetas volumétricas de 10 e 20 mL de capacidade

2- Reagentes:

- Solução de Fehling A
- Solução de Fehling B
- Solução Padrão de Açúcar Invertido a 0,2%
- Solução de Ácido Muriático a 5%
- Solução de Azul de Metileno a 1%

3- Licor de Fehling

- Misturar partes iguais das Soluções de Fehling A e Fehling B, em Becker, adicionando-se primeiro a solução B e em seguida a solução A;
- Homogeneizar bem.

OBSERVAÇÕES: Este licor deve ser preparado em quantidade apenas suficiente para as análises do dia. A cada preparação do Licor, proceder à sua padronização com a solução de Açúcar Invertido a 0,2%.

4- Procedimento:

- Completar a bureta de Mohr de capacidade de 50 mL com a solução de Açúcar Invertido a 0,2%, eliminando possíveis bolhas nas extremidades;
- Com pipeta volumétrica, transferir 10 mL do Licor de Fehling para a câmara do REDUTEC, com a torneira da caldeira aberta e as demais fechadas;
- Adicionar 24 mL da solução de Açúcar Invertido a 0,2% contida na bureta;
- Levar a caldeira do REDUTEC a aquecimento com o termostato no máximo;
- Assim que a água da caldeira entrar em aquecimento, e saírem os primeiros vapores, fechar a torneira da caldeira;
- Após a solução da câmara do REDUTEC entrar em ebulição, reduzir o aquecimento e aguardar 2 minutos;
- Após este tempo, adicionar três gotas de solução de Azul de Metileno a 1%;
- Titular gota-a-gota com a solução de Açúcar Invertido a 0,2% contida na bureta até viragem da cor (azul para vermelho tijolo);
- Terminar a titulação dentro de um minuto;
- Anotar o volume gasto na bureta como V, mL.

5- Cálculo do Fator de Correção do Licor de Fehling

$$f = \frac{25,64}{V}$$

onde:

f = fator de correção do Licor de Fehling

V = volume da solução de Açúcar Invertido a 0,2% gasto na titulação do Licor de Fehling

OBSERVAÇÃO: Esse fator f deve estar entre 0,95 e 1,05. Caso contrário corrigir a concentração da solução de cobre.

DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS
AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS – ART % MOSTO
AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS – ART % CALDO MISTO

1- Materiais:

- Aparelho Ebulliostático – REDUTEC
- Balão volumétrico de 200 mL de capacidade
- Balança de precisão
- Becker de 200 mL de capacidade
- Bureta de Mohr de 50 mL de capacidade
- Papel de Tornassol
- Pipetas volumétricas de 10,20 e 25 mL de capacidade
- Termômetro até 100°C

2- Reagentes:

- Solução de Fehling A
- Solução de Fehling B
- Solução de Ácido Clorídrico 6,34 N
- Solução de Ácido Muriático 5%
- Solução de Hidróxido de Sódio a 20%
- Solução de Azul de Metileno a 1%

3- Procedimento:

- Pesar, em balança de precisão, 20g do caldo misto ou mosto, (ou 25g, dependendo do Brix da solução), em balão volumétrico de 200 mL;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Transferir, com pipeta volumétrica, 20 mL da solução diluída para outro balão volumétrico de 200 mL;
- Adicionar 20 mL de água destilada e introduzir um termômetro;
- Aquecer em banho-maria até a temperatura de 65°C;
- Retirar do banho-maria e adicionar 10 mL da solução de ácido Clorídrico 6,34 N;
- Agitar o balão com movimentos rotatórios e deixar em repouso por 30 minutos a temperatura ambiente e protegido de corrente de vento;
- Após este tempo, neutralizar a solução do balão com uma solução de hidróxido de Sódio a 20%, usando papel de Tornassol como indicador;
- Resfriar o balão em água corrente;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Completar a bureta de Mohr de 50 mL de capacidade com a solução hidrolisada, eliminando possíveis bolhas nas extremidades;
- Com pipeta volumétrica, transferir 10 mL do Licor de Fehling para a câmara do REDUTEC, com a torneira da caldeira aberta e as demais fechadas;
- Adicionar, a frio, um volume da solução contida na bureta. O volume a ser adicionado é dado na Tabela I em função do Brix do mosto ou do caldo misto, para

a diluição de 1,0g em 100 mL da solução final; ou na Tabela II, para a diluição de 1,25g em 100 mL da solução final;

- Levar a caldeira do REDUTEC a aquecimento com o termostato no máximo;
- Assim que a água da caldeira entrar em aquecimento, e saírem os primeiros vapores, fechar a torneira da caldeira;
- Após a solução da câmara do REDUTEC entrar em ebulição, reduzir o aquecimento e aguardar 2 minutos;
- Após este tempo, adicionar três gotas da solução de Azul de Metileno a 1%;
- Titular gota-a-gota com a solução contida na bureta até viragem da cor (azul para vermelho tijolo);
- Terminar a titulação dentro de um minuto;
- Anotar o volume gasto na bureta como v, mL.

4- Cálculos:

a) Para uma diluição de 1,0g em 100 mL da solução final:

$$\text{ART \% mosto ou caldo misto} = \frac{496,4404}{vxf} + 0,605$$

onde:

v = Volume gasto na titulação, mL

f = Fator de correção do Licor de Fehling

b) Para uma diluição de 1,25g em 100 mL da solução final

$$\text{ART\% mosto ou caldo misto} = \frac{397,15}{vxf} + 0,484$$

onde:

v = Volume gasto na titulação, mL

f = fator de correção do Licor de Fehling

TABELA I

Volume a ser adicionado a frio, em função do Brix original do mosto ou caldo misto, para uma diluição de 1,0g em 100 mL da solução final.

BRIX	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
13	39	39	38	38	38	37	37	37	36	36
14	36	36	35	35	35	34	34	34	34	33
15	33	33	33	32	32	32	32	31	31	31
16	31	31	30	30	30	30	30	29	29	29
17	29	28	28	28	28	28	27	27	27	27
18	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26
19	25	25	25	25	25	25	24	24	24	24

TABELA II

Volume a ser adicionado a frio, em função do Brix original do mosto ou caldo misto, para uma diluição de 1,25g em 100 mL da solução.

BRIX	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	40	40	39	39	39	38	38	37	37	37
11	36	36	36	35	35	35	34	34	34	33
12	33	33	32	32	32	32	31	31	31	30
13	30	30	30	29	29	29	29	29	28	28
14	28	28	27	27	27	27	27	26	26	26
15	26	26	25	25	25	25	25	25	24	24
16	24	24	24	23	23	23	23	23	23	22

OBSERVAÇÕES: Quando o brix do mosto ou do caldo misto for inferior a 13, deve-se partir de um peso inicial de 25g em 200 mL.

O volume a ser adicionado a frio pode ser encontrado através de uma titulação prévia à quente. O volume a ser adicionado a frio neste caso será o volume gasto a quente menos um mL ($V_q - 1$).

DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES AÇÚCAR REDUTOR – AR % CALDO

1- Materiais:

- Algodão
- Aparelho Ebuliostático – REDUTEC
- Balões volumétricos de 100 e 200 mL de capacidade
- Becker de 100 e 200 mL de capacidade
- Bureta de Mohr de 50 mL de capacidade
- Funil sem haste, Ø 100 mm
- Pipetas volumétricas de 10,20,25 e 50 mL

2- Reagentes:

- Solução de Fehling A
- Solução de Fehling B
- Solução de Ácido Muriático a 5%
- Solução de Azul de Metileno a 1%

3- Procedimento

- Filtrar a amostra de caldo em algodão para eliminar as partículas em suspensão;
- Diluir a amostra em volume/volume, usando água destilada como solvente, visando consumir na titulação um volume de caldo diluído na faixa de 20 a 35 mL, de maneira a reduzir os erros de análise. Usar para este fim balões e pipetas volumétricas adequadas;
- Homogeneizar bem;
- Completar a bureta de Mohr de 50 mL de capacidade com a solução obtida, eliminando possíveis bolhas nas extremidades;
- Com pipeta volumétrica, transferir 10 mL do Licor de Fehling para a câmara do REDUTEC, com a torneira da caldeira aberta e as demais fechadas;
- Adicionar, a frio, 15 mL da solução contida na bureta;
- Levar a caldeira do REDUTEC a aquecimento com o termostato no máximo;
- Assim que a água da caldeira entrar em aquecimento, e saírem os primeiros vapores, fechar a torneira da caldeira;
- Após a solução da Câmara do REDUTEC entrar em ebulição, reduzir o aquecimento e aguardar 2 minutos;
- Após este tempo, adicionar três gotas da solução de Azul de Metileno a 1%;
- Titular gota-a-gota com a solução contida na bureta até viragem da cor (azul para vermelho tijolo);
- Anotar o volume gasto na titulação com V_q , mL;
- Completar a bureta de Mohr com a mesma solução usada para a titulação anterior;
- Repetir as mesmas operações adicionando porém à câmara do REDUTEC além dos 10 mL do Licor de Fehling, o volume da solução gasto na titulação anterior menos um mL ($V_q - 1$);

- Aquecer a mistura até a ebulição e então cronometrar exatamente 2 minutos, mantendo o líquido em ebulição constante;
- Após este tempo, adicionar três gotas da solução de Azul de Metileno a 1%;
- Titular gota-a-gota com a mesma solução contida na bureta até viragem da cor (azul para vermelho tijolo);
- Terminar a titulação dentro de um minuto;
- Anotar o volume gasto na bureta com v , mL.

4- Cálculos:

a) Usando a fórmula:

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{fxt}{vxme}$$

onde:

f = Fator de diluição

v = Volume gasto corrigido, mL

me = Massa específica do caldo, dada por:

$$me = 0,00431 \times \text{Brix CE} + 0,99367$$

onde: Brix = Brix do caldo, expressão válida para:

$$9 \leq \text{Brix} \leq 23$$

t = Fator que considera a influência da sacarose na análise, dado por:

$$t = 5,2096 - 0,2625 \times \sqrt[3]{0,26xLxV / 500}$$

onde:

L = Leitura sacarimétrica do caldo

V = Volume gasto corrigido, mL

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{fx(5,2096 - 0,2625 \sqrt[3]{\frac{0,26xLxV}{500}})}{Vx(0,00431 \times \text{Brix} + 0,99367)}$$

b) Usando o fator em função da Polarização:

TABELA III

Fator em função da leitura da polarização do caldo

Leitura de pol	Dil. 1:10	Dil. 1:5	Dil. 1:4	Dil. 1:2	Sem diluição
<10	50,42	25,00	19,92	9,84	4,84
10 a 20	50,18	24,84	19,70	9,75	4,80
20 a 30	49,82	24,61	19,60	9,64	4,70
30 a 40	49,53	24,44	19,46	9,55	4,66
40 a 50	49,33	24,30	19,33	9,47	4,61
50 a 60	49,14	24,18	19,23	9,40	4,57
60 a 70	48,97	24,07	19,14	9,34	4,53
>70	48,80	23,97	19,05	9,29	4,50

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{\text{Fator da Leitura de pol}}{V \times ((0,0043 \text{ lx Brix}) + 0,99367)}$$

onde:

V = Volume gasto corrigido, mL

((0,00431 x Brix)+0,99367) = Massa específica do caldo em g/mL

PREPARO DAS SOLUÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES

SOLUÇÃO DE FEHLING A

Composição Química:

- Sulfato de Cobre – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Água Destilada
- Pesar, em balança analítica 69,28g de Sulfato de Cobre;
- Transferir quantitativamente para Becker de 1000 mL de capacidade e adicionar cerca de 500 mL de água destilada;
- Solubilizar bem, mediante agitação;
- Transferir quantitativamente para o balão volumétrico de 1000 mL de capacidade, lavando o Becker com pequenas porções de água destilada;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Deixar em repouso por 48 horas antes do uso.
- Armazenar esta solução em frasco âmbar.

SOLUÇÃO DE FEHLING B

Composição Química:

- Tartarato Duplo de sódio e Potássio – $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- Hidróxido de Sódio – NaOH
- Água Destilada
- Pesar, em balança digital, 346g de Tartarato Duplo de Sódio e Potássio, em Becker de 500 mL de capacidade;
- Adicionar cerca de 300 mL de água destilada e solubilizar por agitação com um bastonete e leve aquecimento;
- Em outro Becker de 500 mL de capacidade, pesar, em balança digital, 100g de hidróxido de Sódio e dissolver em cerca de 200 mL de água destilada, mantendo-se o Becker em banho de água fria;
- Transferir quantitativamente as duas soluções para um balão volumétrico de 1000 mL de capacidade, lavando o Becker com pequenas porções de água destilada;
- Homogeneizar o balão com movimentos rotatórios, resfriando o balão em água corrente, se necessário;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Deixar em repouso por 48 horas antes de usar;
- Armazenar esta solução em frasco âmbar.

SOLUÇÃO DE AZUL DE METILENO A 1%

Composição Química

- Azul de Metileno – $C_{16}H_{18}ClN_3S$
- Água Destilada
- Em balança analítica, pesar 1g de Azul de Metileno, em Becker de 100 mL de capacidade;
- Adicionar cerca de 50 mL de água destilada e solubilizar bem mediante agitação;
- Transferir quantitativamente para balão volumétrico de 100 mL de capacidade, lavando o Becker com pequenas porções de água destilada;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Armazenar esta solução em frasco conta-gotas.

SOLUÇÃO PADRÃO DE AÇÚCAR INVERTIDO

Composição Química

- Sacarose p.a. – $C_{12}H_{22}O_{11}$
- Ácido Clorídrico p.a. (pureza mínima 37% e densidade = 1,19) – HCl
- Água destilada

- Pesar, em balança analítica 19,0g de Sacarose p.a., seca por 24 horas em dessecador;
- Transferir quantitativamente para balão volumétrico de 1000 mL de capacidade, juntamente com 200 mL de água destilada;
- Dissolver completamente a sacarose nessa quantidade de água destilada com movimentos rotatórios;
- Adicionar 10 mL de ácido Clorídrico p.a., e agitar com movimentos rotatórios;
- Tampar o balão e deixar em repouso, por 72 horas, a temperatura ambiente não inferior a 20°C;
- Após as 72 horas, completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Armazenar esta solução na geladeira em frasco bem vedado.

OBSERVAÇÕES: Para o preparo desta solução, utilizar Sacarose p.a., livre de umidade, de preferência em dessecador de um dia para o outro, antes de ser utilizada. Esta solução mantém-se estável até cerca de 4 meses sem alterações, desde que armazenada sob refrigeração.

SOLUÇÃO DE AÇÚCAR INVERTIDO A 0,2%

- Com pipeta volumétrica, transferir 20 mL da Solução de Açúcar Invertido a 2% para balão volumétrico de 200 mL de capacidade;
- Adicionar cerca de 100 mL de água destilada;
- Neutralizar com uma solução de hidróxido de Sódio a 20%, utilizando papel de Tornassol como indicador do ponto de neutralização;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem.

OBSERVAÇÃO: Esta é a solução de Açúcar invertido a 0,2% e que deve ser utilizada logo após o preparo para padronização do Licor de Fehling.

SOLUÇÃO DE ÁCIDO CLORÍDRICO 6,34 N

Composição Química

- Ácido Clorídrico - HCl
- Água Destilada
- Transferir cuidadosamente em capela e com o auxílio de uma proveta, 530 mL de ácido Clorídrico p.a. para balão volumétrico de 1000 mL de capacidade, já contendo cerca de 300 mL de água destilada;
- Agitar vagarosamente com movimentos rotatórios;
- Completar o volume do balão até a marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Armazenar esta solução em frasco escuro.

SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO 20%

Composição Química

- Hidróxido de Sódio – NaOH
- Água Destilada
- Pesar, em balança digital o mais rápido possível, 200g de hidróxido de Sódio em lentilhas, em Becker de 1000 mL de capacidade;
- Dissolver com cerca de 600 mL de água destilada agitando com um bastonete de vidro e mantendo o Becker em banho de água fria;
- Transferir quantitativamente para balão volumétrico de 1000 mL de capacidade, lavando o Becker com pequenas porções de água destilada;
- Elevar o volume até próximo à marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Deixar em repouso até esfriar;
- Completar o volume do balão até marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Armazenar em frasco âmbar.

SOLUÇÃO DE EDTA A 4%

Composição Química

- Etilenodiaminotetraacético 2-hidrato (EDTA) – $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Água Deionizada
- Pesar, em balança digital, 10g de Etilenodiaminotetraacético 2-hidrato, em Becker de 500 mL de capacidade;
- Adicionar cerca de 150 mL de água deionizada e solubilizar completamente, por agitação magnética;
- Transferir, quantitativamente para balão volumétrico de 250 mL de capacidade, lavando o Becker com pequenas porções de água deionizada;
- Completar o volume do balão à marca de aferição com água deionizada;
- Homogeneizar bem;
- Armazenar esta solução em frasco de polietileno.

SOLUÇÃO DE ÁCIDO MURIÁTICO A 5%

Composição Química

- Ácido Muriático – HCL (Ácido Clorídrico comercial)
- Água Destilada
- Transferir cuidadosamente em capela e com o auxílio de uma proveta, 50 mL de ácido Muriático para proveta de 1000 mL de capacidade, já contendo cerca de 300 mL de água destilada;
- Agitar vagarosamente com movimentos rotatórios;
- Completar o volume da proveta até marca de aferição com água destilada;
- Homogeneizar bem;
- Armazenar esta solução em frasco escuro.

OBSERVAÇÃO: Esta solução é usada para limpeza da vidraria usada na Determinação de Açúcares Redutores, para remoção do Cobre.

CÁLCULOS UTILIZANDO OS VALORES OBTIDOS EM LABORATÓRIO

FATOR DE CORREÇÃO DO LICOR DE FEHLING

$$f = \frac{25,64}{V}$$

onde:

f = fator de correção do Licor de Fehling

V = volume da solução de Açúcar Invertido a 0,2% gasto na titulação do Licor de Fehling

Dados:

$$V = 26,9 \text{ ml}$$

$$f = \frac{25,64}{26,9}$$

$$f = 0,95$$

DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES TOTAIS – ART % CALDO MISTO

Para uma diluição de 1,0g em 100 mL da solução final:

$$\text{ART \% mosto ou caldo misto} = \frac{496,4404}{v \times f} + 0,605$$

onde:

v = Volume gasto na titulação, mL

f = Fator de correção do Licor de Fehling

Dados:

$$v = 25,3 \text{ ml}$$

$$f = 0,95$$

$$\text{ART \% mosto ou caldo misto} = \frac{496,4404}{25,3 \times 0,95} + 0,605$$

$$\text{ART \% mosto ou caldo misto} = 21,26$$

DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES – AR % CALDO

a) Usando a fórmula:

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{fdxt}{vxme}$$

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{fdx(5,2096 - 0,2625 \sqrt{\frac{0,26xLxV}{500}}}{Vx(0,00431x\text{Brix} + 0,99367)}$$

onde:

fd = Fator de diluição

v = Volume, mL

me = Massa específica do caldo, dada por:

$$me = 0,00431 \times \text{Brix CE} + 0,99367$$

onde: Brix = Brix do caldo, expressão válida para:

$$9 \leq \text{Brix} \leq 23$$

t = Fator que considera a influência da sacarose na análise, dado por:

$$t = 5,2096 - 0,2625 \times \sqrt[3]{0,26xLxV / 500}$$

L = Leitura sacarimétrica do caldo

V = Volume gasto corrigido, mL

$$V = vxf$$

Dados:

$$\text{Brix} = 23,4$$

$$L_{pb} = 85,56$$

$$v = 38,2 \text{ ml}$$

$$f = 0,95$$

$$V = vxf$$

$$V = 38,2 \times 0,95$$

$$V = 36,29 \text{ ml}$$

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{4x(5,2096 - 0,2625 \sqrt{\frac{0,26x85,56x36,29}{500}})}{36,29x(0,00431x23,4 + 0,99367)}$$

$$\text{A.R. \% caldo} = 0,494$$

b) Usando o fator em função da Polarização:

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{\text{Fator da Polarização}}{V \times ((0,00431 \times \text{Brix}) + 0,99367)}$$

onde:

V = Volume gasto corrigido, mL

$((0,00431 \times \text{Brix}) + 0,99367)$ = Massa específica do caldo em g/mL

Dados:

V = 36,29 ml

Brix = 23,4

$L_{pb} = 85,56$

fd = Fator de diluição

fd = 1:4

Com os valores do L_{pb} e fd e utilizando a Tabela III, encontramos o Fator em função da leitura da polarização do caldo.

$$\text{A.R. \% caldo} = \frac{19,05}{36,29 \times ((0,00431 \times 23,4) + 0,99367)}$$

$$\text{A.R. \% caldo} = 0,479$$