

ORGANIZAÇÃO E TAREFAS DO DEPARTAMENTO DE CONTRÔLE DE QUALIDADE NUMA USINA SIDERÚRGICA INTEGRADA ⁽¹⁾

HANS MAEDER ⁽²⁾

RESUMO

O autor apresenta um esquema de organização e procura traçar um roteiro dos trabalhos quotidianos de um Departamento de Contrôlo de Qualidade numa Usina Siderúrgica. A orientação seguida e as normas citadas no presente trabalho são as mesmas que norteiam o Contrôlo de Qualidade na Usina da Cia. Siderúrgica Mannesmann, em Belo Horizonte.

1. TAREFAS

a) Cumpre ao Contrôlo de Qualidade determinar e controlar os limites de tolerância das análises dos aços, segundo suas especificações e o processo empregado em sua fabricação; determinar o tratamento posterior dos lingotes, seu controle e os métodos de controle do produto acabado, de acordo com sua finalidade, com o objetivo precípua de obter a melhor qualidade e o mais alto rendimento possível.

b) A fim de garantir com exatidão as qualidades requeridas, é preciso supervisionar todas as operações, durante a fabricação de aço, desde o início da fusão até o despacho dos semi-acabados. Por isso, o Contrôlo de Qualidade dispõe de observadores e controladores dentro da Aciaria e da Laminação de Barras, que devem anotar todos os acontecimentos, durante a fabricação, enquanto que o "Serviço de Economia Técnica" supervisiona e anota as quantidades de matérias-primas carregadas no forno. Assim, os processos de fusão e de fundição são supervisionados e todos os dados anotados no "Boletim de Cor-

(1) Contribuição Técnica n.º 407. Apresentada ao XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann; Belo Horizonte, MG.

rida" (*). À esquerda desse boletim, podemos observar os dados adquiridos durante a fusão, com tôdas as quantidades de ferro gusa líquido ou sólido, de minério de ferro, de ferro sílicio, de ferro manganês, cal, etc. e as horas exatas de adição desses materiais ao laboratório do forno. À direita, podem ser encontrados os pesos, pelas fichas das respectivas balanças, a temperatura da corrida no forno antes do vazamento e as observações na fossa, a saber: o tempo de espera entre o vazamento do forno e o início da fundição, a temperatura medida do jato, o tempo da fundição para as duas placas e o tempo da formação da cabeça. Os dados obtidos na Aciaria servem para a liberação de cada corrida para um fim pré-estabelecido.

Além disso, um grupo de controladores executa um controle rigoroso dos lingotes de cada corrida. De acordo com os dados de análises e das observações durante a fusão e a fundição, a chefia do Controle de Qualidade marca os defeitos na própria ficha de análise, assim avisando imediatamente o grupo de controle de lingotes sobre a rigorosidade do controle. Equipados com os referidos dados, os controladores têm um trabalho mais fácil. Os defeitos observados devem ser anotados no cartão de "Controle dos Lingotes".

Podem-se ver nessa coluna os diferentes defeitos dos lingotes:

- 1 — Sem cabeça
- 2 — Comprimento < 1,20 metros
- 3 — Rechupe profundo
- 4 — Aspereza considerável da superfície
- 5 — Rachado
- 6 — Inclusões de areia
- 7 — Manchas de escória
- 8 — Ressaltos (defeitos de lingoteira)
- 9 — Fundidos por cima
- 10 — Poros
- 11 — Interrupções

Para se poder diferenciar a gravidade de alguns defeitos, designa-se pelas letras A e B, a primeira significando um grande defeito, a segunda um menor. Por essa maneira é possível classificar o aspecto geral dos lingotes em 3 grupos, como mostra a 4.^a coluna.

No mesmo cartão são anotadas as horas de limpeza para cada corrida, o nome do controlador, a qualidade do aço liberado, os dados de laminação e, no fim, a qualidade prevista

(*) O Autor, na exposição oral, exibiu originais de Boletins de Corrida, de Controle dos Lingotes, de Desembargo dos Lingotes e da Fossa, aos quais o texto se refere. Dêles recebemos fotografias, das quais resultaram clichês quase ilegíveis. As Usinas interessadas poderão solicitar Boletins originais do Autor, na CSM.

pela Aciaria. A penúltima coluna contém ainda o aspecto interno dos canais das placas após a fundição, de onde se pode concluir sobre a possibilidade de inclusões. De acordo com o "Boletim de Corrida" e esse cartão de controle, as corridas são liberadas e despachadas à Laminação de Barras.

Na Laminação de Barras, as temperaturas do forno, o tempo de aquecimento, as temperaturas durante a laminação são controlados, enquanto que, no acabamento, dois grupos de controladores controlam a superfície dos semi-acabados, supervisionando a limpeza e, com ultrassom, pesquisam defeitos internos, verificando o corte final, de acordo com o resultado ultrassônico e controlando a marcação dos semi-acabados. As observações são anotadas para cada corrida e servem como base de crítica final. A sucata obtida no acabamento é classificada para cada corrida e debitada à Aciaria ou à Laminação de Barras, de acordo com os tipos de defeitos encontrados. O Departamento de Controle de Qualidade anota, para cada 10 dias, em um caderno especial, as quantidades de sucata a serem debitadas aos respectivos departamentos.

c) A fim de se verificar defeitos nos semi-acabados de aços especiais, são estes decapados e, em seguida, cortadas amostras, onde são ensaiadas as propriedades mecânicas, grau de pureza, análise, grão e, se da série H do SAE, ensaio de Jominy. Todos os ensaios são executados dentro dos laboratórios do Controle de Qualidade.

d) Até à final verificação para garantia das propriedades, a corrida ficará retida e será liberada depois para um fim destinado.

e) Uma outra tarefa do Controle de Qualidade é, em colaboração com a Seção Técnica de Ofertas, o estudo de todas as consultas da freguesia e de todos os pedidos entrados na Usina com exigências especiais, por exemplo, palanquilhas para forja ou relaminação ou arame destinado à fabricação de parafusos ou de molas. Em tais casos, os tratamentos posteriores mecânico e térmico e a aplicação final devem ser conhecidos para se poder oferecer a qualidade adequada. Por isso, o contato entre o Departamento de Controle de Qualidade e a freguesia é uma condição indispensável, a fim de se poder aconselhá-la e garantir uma seleção de aço, servindo aos fins previstos.

f) O Controle de Qualidade trata, igualmente, de todas as reclamações e faz as investigações necessárias, com amostras postas à sua disposição pelos fregueses, para esclarecer a causa do defeito ocorrido na usina dos mesmos. As anotações dos

controladores servem como base para investigação. Em casos especiais, uma visita ao freguês poderá verificar a extensão dos prejuízos. O resultado da investigação dará sempre indicações valiosas, no sentido de se evitarem êsses defeitos no futuro.

g) Mas todos os contrôles, observações, anotações e investigações não valem absolutamente nada, se não forem interpretados de maneira a dar a todos os interessados valores compreensíveis, servindo para melhorar a operação de fabricação do aço, ou o tratamento dêle.

2. ORGANIZAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE CONTRÔLE DE QUALIDADE

Com a finalidade de atender às várias tarefas descritas, é preciso uma organização que facilite e acelere os trabalhos e que dê garantia de que as investigações necessárias podem ser executadas segundo prescrição da chefia do Contrôlo de Qualidade.

O plano de organização, que vou apresentar aos senhores, depende naturalmente da organização geral de tôda a usina e não pode servir como exemplo a ser justaposto a outra usina. Mas poderia ser considerado como uma possibilidade de vencer as tarefas referidas, cuja importância certamente está fora de dúvida.

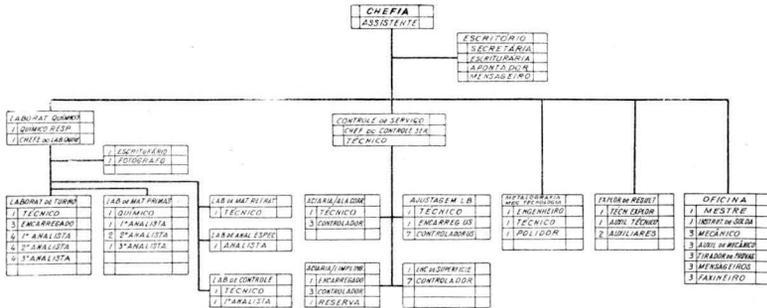


Fig. 1 — Plano de organização do Departamento de Contrôlo de Qualidade da Cia. Siderúrgica Mannesmann.

Nós temos a organização apresentada na figura 1. De acôrdo com êsse plano, o Departamento de Contrôlo de Qualidade dispõe de um Laboratório Químico com os setores: Laboratório de Turno, de Matéria-Prima, de Análises Especiais e de Material Refratário, atendendo as exigências analíticas.

Em seguida, o “Serviço de Contrôlo”, executando a inspeção já referida na Aciaria e na Laminação de Barras, tendo os seguintes grupos: Ala de Corridas, Contrôlo dos Lingotes e no acabamento da Laminação de Barras os dois grupos: Superfície e Ultrassônico. No grupo ultrassônico está previsto incluir também Magnatest, com o fim de evitar trocas eventuais de material. Seguem os laboratórios Mecano-Tecnológico e Metalográfico, a divisão de Contrôles Especiais com Secção de Estatística e Tubos Especiais e uma oficina mecânica para a preparação de amostras.

3. ESTATÍSTICA

Já mencionei que tôdas as observações, anotações e contrôles não valem nada, se não forem interpretados. A interpretação mais simples é a feita por meio de curvas de distribuição de freqüência. Esse método, que é preferido por nós, dá grá-

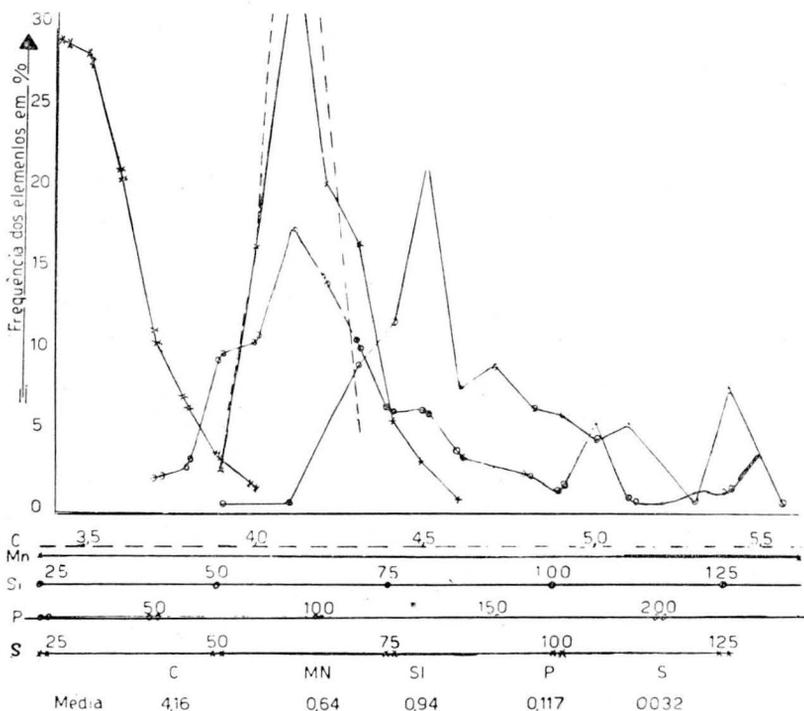


Fig. 2 — Contrôlo de qualidade: distribuição de freqüência dos elementos no ferro gusa. Análises de um mês.

ficos facilmente compreensíveis. Nos parágrafos seguintes vou apresentar aos senhores alguns resultados interpretados. Se bem que, às vezes, sejam conhecidos, é necessário demonstrar como poderão influir na operação dos diversos departamentos de uma usina siderúrgica. Por outro lado, alguns resultados conduzem a relações por vezes desconhecidas.

A distribuição de frequência da composição do ferro gusa, da escória e do gás de bôca, dá um critério sôbre o funcionamento dos nossos baixos fornos. Na figura 4 os senhores poderão reconhecer que, por exemplo, a distribuição de frequência do fósforo e do silício no ferro gusa é anormal, podendo ser consequência das variações dêsses elementos, ou da condução da marcha do forno.

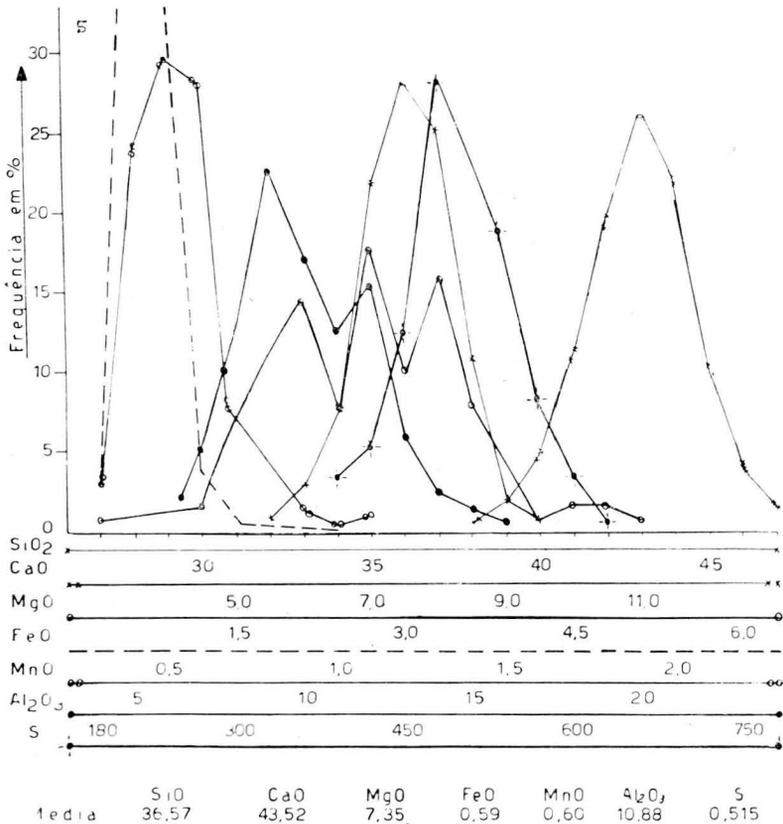


Fig. 3 — Distribuição de frequência dos componentes da escória. Análises de um mês.

Na escória (fig. 3) os teores de FeO e MnO são bem uniformes, provando que o forno trabalha bem, enquanto que a alumina mostra variações consideráveis provenientes do minério e que também o MgO mostra uma distribuição de freqüência anormal por causa da variação de marcha do forno e do teor de CaO. No outro lado o enxôfre mostra uma distribuição normal, provando a uniformidade dêsse elemento na antracita e no coque.

A distribuição de freqüência dos componentes do gás de bôca (fig. 4) varia, por causa de perturbações operacionais, em que pode influir a redução de água, às vêzes aumentada consideravelmente no leito de fusão, durante os períodos chuvosos.

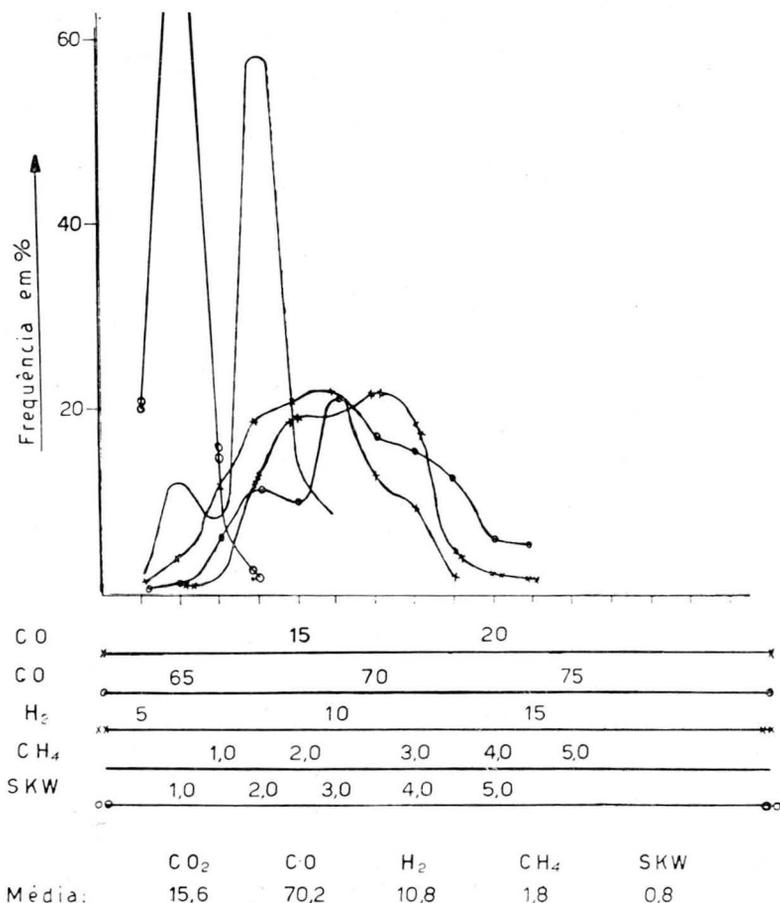


Fig. 4 — Distribuição de freqüência dos componentes do gás de bôca. Análises do ano de 1958.

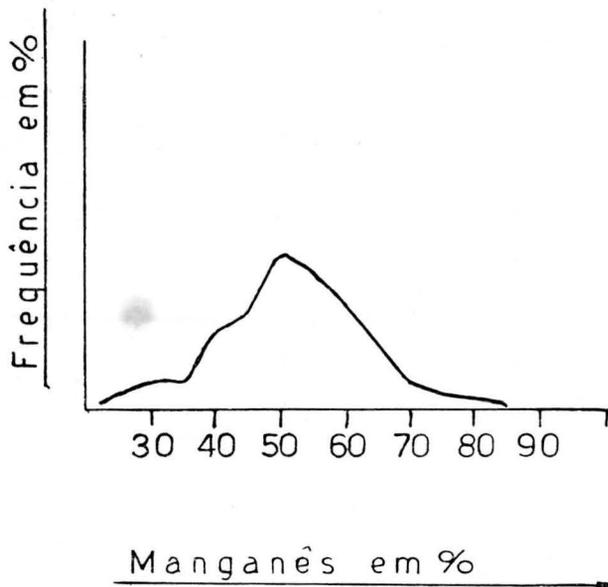


Fig. 5 — Distribuição de frequência dos teores de Mn nos aços ST 35.29 e API/5L/grau A. O gráfico corresponde a 1.200 corridas.

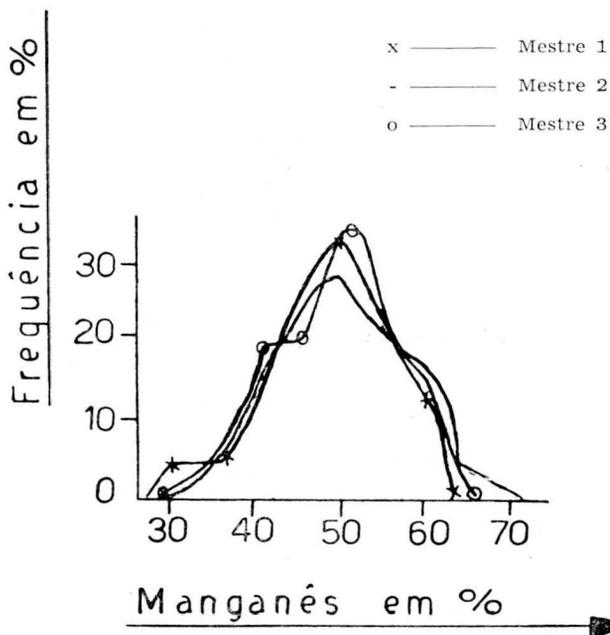


Fig. 6 — Distribuição de frequência de Mn nos aços ST 35.29 e API/5L/A, em relação aos mestres, em 1.200 corridas.

Uma análise da distribuição de freqüência dos aços doces do tipo St 35.29 e API 5L/grau A, deu grandes variações com respeito ao teor de manganês, como mostra a figura 5. Suspeitou-se que a largura excessiva da curva era causada pela maneira de trabalho das três turmas da Aciaria. A representação dos teores de manganês, de acôrdo com as três turmas de mestres, prova, conforme a figura 6, que duas turmas (o—o e pontilhadas) estavam trabalhando irregularmente, enquanto que a curva da turma (x—x) dá uma distribuição de freqüência normal.

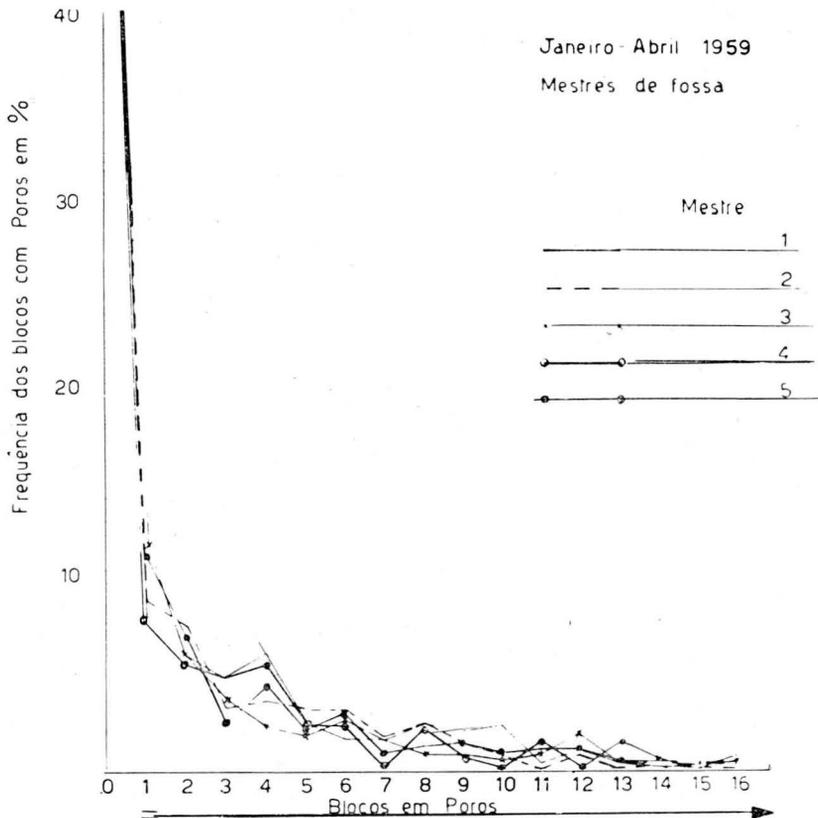


Fig. 7 — Distribuição da freqüência dos blocos com vazios em relação aos mestres de turmas.

Uma outra interpretação colheu as corridas com poros. A figura 7 mostra a distribuição de freqüência de tais lingotes. Cada curva corresponde a um mestre de turma; pode ser tirada a conclusão de que o mestre (x—x) trabalha com alta regularidade, enquanto que os mestres (o—o e contínuo) deviam ser informados sôbre a irregularidade de seus trabalhos. Tais resultados indicam à Aciaria exatamente sôbre o modo de trabalho de seu pessoal e assim poderão ser tomadas as providências necessárias para uniformizar a produção e evitar corridas com alta percentagem de lingotes com poros.

Um outro exemplo demonstra também a eficiência do trabalho do Contrôlo de Qualidade. Diariamente a sucata obtida no acabamento da Laminação com Mandril dos tubos é classificada com o fim de se poder debitar ao departamento responsável. O acabamento dos tubos com defeitos externos e internos, enquanto que o Contrôlo de Qualidade classifica êsses defeitos como provenientes do aço ou da superfície dos semi-acabados não rigorosamente limpos, ou como defeitos produzidos na mesma laminação de tubos. O confronto das citadas curvas com os relatórios diários do acabamento da Laminação com Mandril e das curvas obtidas pela classificação dos defeitos prova que também julgamentos subjetivos podem ser interpretados, como mostra a figura 8.

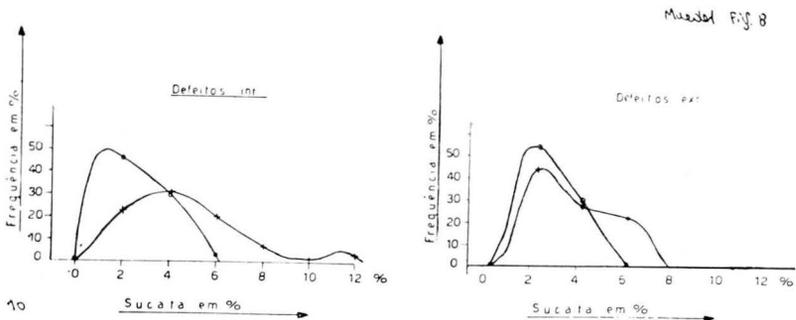


Fig. 8 — Distribuição de freqüências dos defeitos internos e externos de acôrdo com relatórios diários e com classificação pelo Contrôlo de Qualidade.

As curvas (x—x) foram obtidas dos relatórios diários do acabamento da Laminação com Mandril, enquanto que as curvas (o—o) foram traçadas de acôrdo com a classificação dos defeitos de tubos pelo C. Q. A distribuição de freqüência das últimas corresponde muito mais a uma distribuição de Gauss

que as outras. Dêsse resultado pode ser tirada a conclusão de que as observações subjetivas servem também à exploração estatística.

Queria dar um segundo exemplo para tais observações. Antes de medir a temperatura do jato de aço, durante a fundição, o grau de liquidez da fusão foi anotado pelas observações: “normal”, “pouco grossa”, “fria”, “muito fria”, “quente” ou “muito quente”. Essas observações falicitaram, junto com o resultado do controle dos lingotes, o julgamento de uma corrida. Foram julgados os tubos defeituosos de 981 corridas, em relação às observações referidas durante a fundição. A figura 9

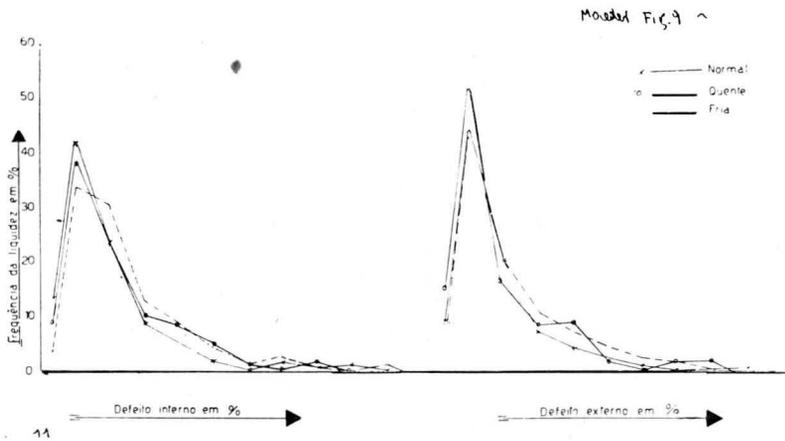


Fig. 9 — Distribuição de freqüência dos defeitos internos e externos em relação à liquidez das corridas.

mostra curvas de distribuição de freqüência dos tubos. As curvas x—x correspondem às corridas normais, o—o às quentes e as interrompidas às frias. À esquerda são mostrados os tubos com defeitos internos, à direita os com defeitos externos. As corridas frias representam uma curva anormal, por causa de inclusões, causando defeitos internos, enquanto que as corridas quentes representam uma curva anormal, por causa de trincas superficiais nos semi-acabados, causando defeitos externos. As corridas julgadas normais durante a fundição produzem curvas normais. Esses resultados, quando conhecidos, evitarão a liberação das corridas cuja liquidez fôr fora do normal.

Atualmente o julgamento de uma corrida, com respeito à sua liquidez, é muito mais fácil, por causa do “Boletim da Corrida”, acusando a temperatura medida do jato, durante a fundição, como já mencionei.

Discussão excitada pode surgir da certeza do contrôle ultrassônico dos semi-acabados e por causa do aumento considerável da sucata. Entretanto, os controladores do Contrôle de Qualidade no acabamento da Laminação de Barras são avisados, se, por exemplo, durante a fundição, foi observada uma casca prêsa num lingote. Nesse caso, encontra-se uma barra com defeitos consideráveis. O resultado do teste ultrassônico demonstra incontestavelmente a ausência do eco da parede oposta, como mostra a figura 10. Amostras justificativas cortadas e decapadas provam a presença de uma casca prêsa, como ilustra a mesma figura.

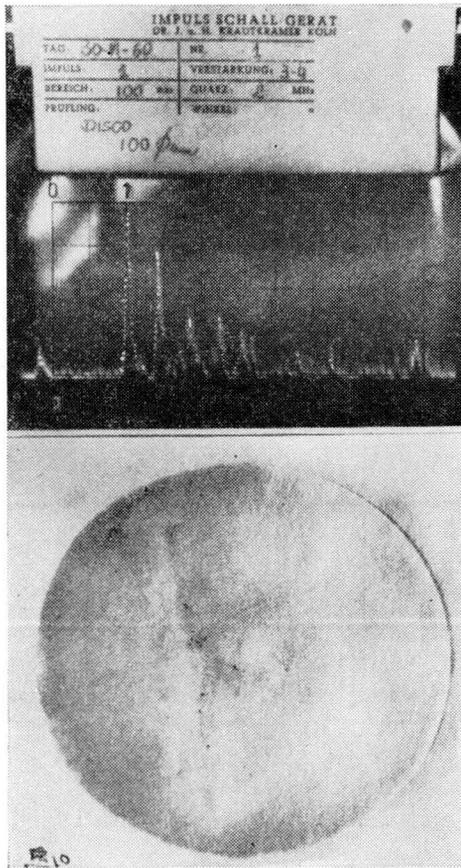


Fig. 10 — Ensaio pelo ultrassom de uma barra, com a presença de uma casca prêsa.

Esses poucos exemplos serão suficientes para demonstrar as possibilidades do trabalho de um Departamento de Contrôlo de Qualidade, no julgamento das observações, dos dados de fusão, de fundição e do contrôlo dos lingotes e dos semi-acabados, por meio de curvas de distribuição de freqüência. Dá gráficos bem compreensíveis a todos os interessados e serve para evitar defeitos e para aumentar o rendimento e a quantidade dos aços.

Estes fatos mostram a eficiência de um Departamento de Contrôlo de Qualidade, que se baseia em investigações perfeitamente objetivas, numa colaboração mútua e contínua e num bom contacto pessoal com os engenheiros e mestres dos Departamentos de Produção.



DISCUSSÃO (1)

J. Hein (2) — Acabamos de ouvir a bela exposição do Eng. Hans Maeder sobre contrôlo de qualidade, assunto de especial interesse no momento. Entretanto, ainda divergem as opiniões a respeito dos métodos, do alcance e da maneira como se deve fazer esse contrôlo. O autor apresentou de maneira clara, e principalmente útil, os métodos que aplica no plano prático; seu trabalho é de grande atualidade. Aproveito o ensejo para agradecer particularmente à Companhia Mannesmann que, por intermédio do seu Presidente, Eng. Sigmund Weiss, gentilmente pôs à nossa disposição dados, fatos e experiências adquiridas, para aproveitamento e benefício de todos.

F. Fabriani (3) — Às vezes ocorrem, nessa questão de contrôlo de qualidade, defeitos que as curvas demonstram com certa sistematização e, no entanto, podem ocorrer também dificuldades quanto a sua correção. Perguntaria ao autor se já teve desses problemas e como é que eles foram resolvidos; se levou tempo e se a sua empresa tem um equipamento pessoal para o estudo de certos problemas a prazo um pouco mais longo.

Hans Maeder (4) — Naturalmente. Especialmente o contrôlo ultrassônico, apresenta sempre grandes problemas. Com o ultrassom o senhor pode constatar um defeito num semi-acabado sem saber qual é ele:

(1) Contribuição Técnica n.º 407. Discutida na Comissão «D» do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Presidente da Comissão e Presidente da ABM; Diretor Geral da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira; Belo Horizonte, MG.

(3) Membro da ABM; Professor Catedrático da Escola Nacional de Engenharia; Rio de Janeiro, GB.

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann; Belo Horizonte, MG.

pode ser um buraco, podem ser inclusões ou escórias, inclusões de tijolos refratários ou um rechupe normal. Não é possível dizer diretamente, nesse controle, sem discussão, qual é o defeito. Pode-se dizer apenas que dentro do aço há um defeito. É possível dizer-se o seguinte: se o senhor tem uma barra redonda e nessa barra há um defeito, se se controla essa barra com o ultrassom de um lado, não se vê quase nada. Por isso, é necessário controlar o semi-acabado com o ultrassom em duas posições. Aqui, como se verifica, a diminuição da energia ultrassônica naturalmente será muito maior do que nesta posição, onde a extensão do defeito poderia ser somente de 1 mm. A indicação ultrassônica, neste caso que lhe estou apontando, seria de acordo com o seguinte traçado. Este é o primeiro eco da parede de trás, e este o segundo. Então, o controlador não poderia dizer quase nada. Por isso, se ele testar de um lado e do outro, obterá um eco muito mais alto; mas ele não pode dizer se é um rechupe, um vazio ou uma inclusão.

F. Fabriani — Isto é um controle objetivo. Desejava perguntar-lhe o seguinte: na curva de distribuição do manganês, que é uma curva conhecida — já trabalhei na boca do forno muitos anos — a extensão das percentagens de manganês é muito alta; vai de 0,20% a quase 0,90%. O senhor classificou como condição boa de uma distribuição quando as diferenças de curva são muito pequenas, como naquele gráfico que está no quadro. Parece-me que aí seria um caso em que, para se diminuir ainda mais a dispersão na faixa de manganês, seria necessária uma perquirição ou uma pesquisa do que está ocasionando esse alargamento da faixa de manganês, para ter-se uma curva ideal. Mas a extensão é assaz grande. Pergunto-lhe se neste caso, por exemplo, fizeram ou cogitaram fazer algum estudo; se já localizaram as causas de tamanha amplitude de variação do manganês.

H. Maeder — A curva de Gauss é representada pela equação $y = e^{-x^2}$. Esta é a curva; nela o senhor poderá também encontrar esses valores. Isto é absolutamente normal. Se quisermos, digamos, 0,40% de manganês, o senhor poderá encontrá-lo aqui nessa curva. Nesse caso, o valor encontrado aqui não é anormal.

F. Fabriani — A curva de Gauss normalmente seria aquela que se verifica no gráfico. Entretanto, quando as duas abas levantarem um pouco, a disposição mantém aquela configuração. O resultado é que a curva fica feito um guarda-chuva. Isto demonstra uma gama muito larga do teor de manganês que prepondera na fabricação.

Fritz Gnoth ⁽⁵⁾ — Posso explicar essa forma anormal da curva de Gauss. Para nossos tubos de baixo carbono temos uma faixa bastante grande de manganês nos aços, e por isso ocorre que os forneiros não precisam respeitar, para esse aço, uma análise tão certa. Ela varia, por exemplo, de 40 a 80 ou de 30 a 70. Quer dizer, é maior talvez do que a curva de aços que o senhor conhece.

Orlando Barbosa ⁽⁶⁾ — Tive a mesma dúvida do Prof. Ferrucio Fabriani. Acho que aquela curva de distribuição do manganês deixa muito em dúvida se de fato há diferença entre os grupos de forneiros.

(5) Membro da ABM; Engenheiro da Companhia Siderúrgica Mannesmann; Belo Horizonte, MG.

(6) Membro da ABM; Engenheiro da Usina de Volta Redonda da Cia. Siderúrgica Nacional; Volta Redonda, RJ.

São muito próximas umas das outras. Uma simples vista das curvas deixa dúvida.

H. Maeder — São próximas, mas as curvas são diferentes.

O. Barbosa — Quanto à especificação do manganês, estamos na CSN estudando esse aspecto, a fim de reduzir a dispersão da nossa faixa de manganês, através da análise da relação desse fator com outros. Visamos controlar determinadas adições a serem feitas na panela, com o objetivo de atingir o manganês final dentro de uma faixa bem estreita.

Sylvio Friedrich (7) — Gostaria que o Eng. Hans Maeder me informasse se a Mannesmann controla tôdas as barras que produz por meio do ultrassom ou só usa esse sistema para alguns tipos especiais.

H. Maeder — Controlamos os semi-acabados destinados à nossa laminação automática, como mandris de tubos e palanquilhas de qualidades especiais.

O Barbosa — Gostaria de saber se a Companhia Mannesmann utiliza o controle estatístico, através de cartas de controle.

H. Maeder — Sim.

Janusz Wscieklica (8) — O Eng. Hans Maeder fez uma referência muito justa, dizendo que os dados colhidos nos «Boletins de Controle» representam pouco se não são devidamente apurados e apresentados de forma compreensível ao pessoal de produção da usina. Queria que o Eng. Hans Maeder fizesse alguns comentários a respeito da importância relativa, o número de operadores, vamos dizer, empregados na parte de controle propriamente dita, na parte de exploração dos dados.

H. Maeder — Três pessoas estão fazendo a exploração dos dados colhidos nos vários setores da usina, mas o controle está sendo feito por vinte e cinco pessoas. «Exploração» entendo que é interpretação. Essas 25 pessoas trabalham em três turmas, na aciaria e no acabamento. Na aciaria temos uma pessoa na ala da corrida. No acabamento da laminação de barras temos dois suboficiais, dois controladores de superfície e dois controladores ultrassônicos.

J. Wscieklica — O número de pessoas que examinam os dados é pequeno relativamente ao número de fiscais; assim mesmo os senhores conseguem fazer regularmente todos esses gráficos de frequência?

H. Maeder — Fazemos esses gráficos normalmente cada mês. Para aços especiais fazemos cada meio ano. São necessários, para essas curvas, valores e dados da ordem de algumas centenas.

J. Wscieklica — No caso de perceberem um defeito que se repete com certa frequência, os senhores fazem pesquisas sobre sua natureza, procurando descobrir em que lugar, em que momento da linha de pro-

(7) Membro da ABM; Engenheiro da Usina de Volta Redonda da Cia. Siderúrgica Nacional; Volta Redonda, RJ.

(8) Membro da ABM; Engenheiro da Usina de Monlevade da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira; Monlevade, MG.

dução foi cometido o erro que conduziu a esse defeito? E essa equipe de três homens é sempre suficiente para fazer todo esse trabalho?

H. Maeder — Sim. É suficiente.

S. Friedrich — O Departamento de Controle de Qualidade da Mannesmann abrange a parte metalúrgica e a química também, constituindo um órgão só?

H. Maeder — Exatamente. E há também subdivisão da parte de análises químicas, que mostrei num dos diapositivos.