



Prática Recomendada nº 22R-01 da AACE® International

**MENSURAÇÃO DIRETA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA – APLICADA À  
CONSTRUÇÃO CIVIL E GRANDES PROJETOS DE MANUTENÇÃO**  
Estrutura de TCM: 9.2 – Mensurações de Progresso e Desempenho

**Aviso:** Essa é uma versão traduzida da Recommended Practice da AACE International e pode, portanto, conter variações de interpretação. Para correto entendimento do conteúdo aqui descrito, é imperativa a leitura da Recommended Practice no idioma original.

Revisada em 26 de abril de 2004

Observação: Como as Práticas Recomendadas da AACE International evoluem ao longo do tempo, recomendamos a consulta ao site [www.aacei.org](http://www.aacei.org) para obter as versões mais recentes.

**Colaboradores**

*Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.*

Hans E. Picard, (Autor)  
Charles E. Bolyard, Jr.  
Robert C. Creese, PE CCE  
Earl T. Glenwright, Jr.

Stephen M. Jacobson, CCC  
Richard A. Selg, CCE  
Ronald M. Winter  
James G. Zack, Jr.

26 de abril, 2004

Prática Recomendada nº 22R-01 da AACE® International



## MENSURAÇÃO DIRETA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA – COMO APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL E GRANDES PROJETOS DE MANUTENÇÃO

Estrutura de TCM: 9.2 – Mensuração de Progresso e Desempenho

26 de abril de 2004

### INTRODUÇÃO

Esta prática recomendada da AACE International descreve um método direto para mensurar, monitorar e otimizar a produtividade da mão de obra de projetos de construção e manutenção. O método descrito é a amostragem estatística do processo de trabalho, conhecida como amostragem do trabalho. O processo de trabalho consiste em etapas e atividades que tem como entrada recursos, agregam valor e produzem o projeto completo. Para o planejamento e controle do projeto, é importante o entendimento da capacidade do processo, ou o “sistema de gerenciamento”, para produzir de forma eficiente. Amostragem é uma forma econômica de fornecer informações sobre o desempenho do processo de trabalho, ou seja, sobre como o trabalho é feito e como fazê-lo melhor. A amostragem de trabalho complementa a metodologia convencional de gerenciamento de projetos, que tipicamente acompanha “qual” tarefa está sendo feita.

A amostragem proporciona um feedback objetivo aos gerentes de projeto, supervisores e força de trabalho em termos de: eficiência do processo de trabalho (não dos trabalhadores individuais, cuja avaliação da eficiência é parte do trabalho do mestre de obras) – e a capacidade de reagir rapidamente para se ajustar. Além disso, ela fornece uma medida da capacidade da administração de planejar, coordenar e controlar a execução do projeto de forma eficaz. A análise dos dados fornecidos pela amostragem permite a rápida remoção ou redução de barreiras, otimizando o processo do trabalho de construção por meio do redesenho e da inovação. A racionalização do processo de trabalho assegura que a realização do trabalho produtivo seja feita de forma mais conveniente para a força de trabalho, garantindo que, sempre, operários e técnicos disponham prontamente das ferramentas necessárias, materiais, peças, insumos, informações, apoio da supervisão e necessidades pessoais. Quando aplicada de forma adequada, a amostragem de trabalho reconhece que a produtividade resulta de um processo otimizado de trabalho, ou seja, do “gerenciamento mais inteligente” e não de as pessoas trabalharem mais.

A produtividade da mão de obra na construção civil é uma medida da eficiência do processo de trabalho. Ela pode ser definida como a razão do valor produzido pela mão de obra em relação ao valor investido na mão de obra. A produtividade aumenta conforme os recursos necessários de mão de obra são minimizados e esforços desperdiçados são eliminados do processo de trabalho. Esta definição e a prática abordada no presente documento tratam a produtividade como uma medida direta e absoluta a ser otimizada.

### FINALIDADE DA MENSURAÇÃO DIRETA

26 de abril de 2004

O objetivo da amostragem de trabalho de projetos de construção e manutenção é mensurar e avaliar o processo de trabalho e fornecer informações úteis e em tempo (quase) real acerca do processo. Ela é uma ferramenta para possibilitar a conclusão do escopo do trabalho de forma mais eficiente e segura, de forma que menos horas de trabalho sejam gastas do que o costumeiro.

A observação estatística sistemática da atividade de trabalho geral no canteiro da obra é útil para:

1. determinar a proporção de horas da mão de obra direta que está sendo desperdiçada em atividades e atrasos improdutivos, e em atividades produtivas de trabalho;
2. analisar os fatores que causam atividades e atrasos improdutivos; e
3. identificar oportunidades para reduzir atividades e atrasos improdutivos.

Como parte de sua disciplina, a amostragem de trabalho permite que a gestão de custos afete a melhoria da produtividade em projetos de construção e manutenção com mão de obra intensiva. Em um projeto, a amostragem ajuda a monitorar a atividade de trabalho para obter um panorama da utilização da força de trabalho. Com amostras estatisticamente sólidas, podem ser feitas ilações a respeito de restrições no fluxo de trabalho e suas decorrentes ineficiências no processo. A aplicação consistente do método de amostragem durante um período de tempo fornece informações constantes aos gerentes de projeto sobre a eficácia das medidas adotadas para aprimorar continuamente o processo de trabalho.

A análise dos dados (independentes da estimativa) quantifica a atividade não produtiva e identifica possíveis fatores causais, sugerindo ações corretivas. A amostragem do trabalho fornece aos gerentes e supervisores um feedback rápido e relevante para tomada de decisões sobre o desempenho do processo de trabalho – uma percepção que não pode ser obtida usando as métricas convencionais de controle de projeto. Medidas convencionais de produtividade indicam quando os problemas de produtividade ocorrem, mas a amostragem do trabalho também indica o porquê - os métodos se complementam.

Os dados quantitativos reais e específicos do projeto obtidos pela amostragem do trabalho garantem a avaliação objetiva do processo de trabalho. Por isso, os dados apoiam o *benchmarking* (comparação) e a melhoria contínua da eficiência e produtividade. Quando aplicada de forma correta, a amostragem é eficaz em conseguir que mais trabalho de construção ou manutenção seja feito com menos horas de trabalho e com maior segurança e satisfação dos trabalhadores.

## CONTEXTO SOBRE PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA E AMOSTRAGEM DO TRABALHO

O desempenho de projetos de construção e manutenção é uma preocupação importante que afeta empreendedores, construtoras e profissionais de gestão de custos. Os custos do projeto e desempenho do cronograma dependem, em grande escala, da qualidade do planejamento do projeto, da preparação do terreno para o início da obra e da produtividade resultante do processo de trabalho possibilitado pela execução do projeto. Muitas vezes, a produtividade da mão de obra é o maior fator de risco e fonte de incertezas referentes a custo e prazo para empreendedores e Contratadas.

Normalmente, projetos de construção e grandes projetos de manutenção são administrados e controlados por meio de supervisão e coordenação. O progresso é acompanhado regularmente, seguindo cronogramas e orçamentos aprovados, que são estimados principalmente com base em dados históricos de desempenho. Esse

26 de abril de 2004

método pode ser eficaz para destacar quando o andamento não está em conformidade com os planos. No entanto, ele não mostra porquê a produtividade está baixa ou fora de controle, tampouco apoia decisões sobre medidas corretivas e aprimoramento do processo de trabalho. Por isso, medidas tradicionais de controle de projeto não abordam satisfatoriamente o objetivo de melhorar o desempenho de custos e de cronograma. Para que aconteça uma otimização significativa de custo e cronograma, a mensuração direta da produtividade deverá ser utilizada para complementar a aferição indireta de controle relativo que compara o desempenho à estimativa.

Lições inovadoras aprendidas pela indústria americana na década de 1980 demonstraram que os gestores devem assumir responsabilidade pela maioria dos problemas relativos ao desempenho do processo de trabalho (“sistema”). A gerência deve planejar, desenvolver e assegurar continuamente um processo de trabalho eficiente – a equipe trabalha dentro dos limites desse processo.

Essas lições também se aplicam ao setor de construção civil – elevar o uso produtivo das horas de trabalho aplicando a mensuração, análise e melhoria do processo resulta em maior produtividade, eficiência e eficácia de custo. A utilização de técnicas estatísticas, como o controle estatístico de processo (CEP) e o programa Seis Sigma (focado na variação do processo) fez com que muitas empresas pudessem aumentar radicalmente a eficiência e qualidade produtivas – delas mesmas e de seus fornecedores.

A amostragem do trabalho é uma técnica estatística que pode ser usada efetivamente para a análise do processo de trabalho de construção e manutenção. O método mede a proporção de tempo alocada pelos operários e técnicos às diversas atividades de trabalho e também a variabilidade do processo de trabalho. O procedimento já comprovou sua eficácia em centenas de projetos de construção e manutenção, gerando economia de 20 a 30 por cento no custo de mão de obra, entre outros benefícios.

A amostragem do trabalho vem sendo amplamente utilizada para fazer estudos periódicos sobre operações industriais. Originalmente usada na indústria têxtil no Reino Unido, a amostragem do trabalho foi introduzida nos EUA durante a Segunda Guerra Mundial, como forma de obter informações sobre os operários ou máquinas. Como uma ferramenta investigatória, foi chamada de método de observação instantânea – referindo-se ao registro imediato da observação das atividades que estão sendo estudadas. O método fornece o processamento de informações de forma rápida e mais econômica do que outros meios. A técnica tem sido usada, de várias maneiras, por diferentes grupos e por diferentes motivos, embora às vezes infelizmente seja mal utilizado, por exemplo, como forma de culpar a força de trabalho pela baixa produtividade.

As observações devem ser feitas aleatoriamente e não podem ser tendenciosas, ou tampouco conter erros sistemáticos de observação que tendem a ocorrer na mesma direção. Quando realizados de forma consistente e de acordo com definições e procedimentos, os resultados da amostragem irão diferir das condições reais apenas de uma forma aleatória e serão imparciais. Quanto maior o número de observações, mais precisamente os resultados da amostragem irão se aproximar das condições reais.

As vantagens do método de amostragem do trabalho são:

1. Observações aleatórias sobre a atividade de trabalho do projeto geral realizada por grupos de trabalhadores - observados coletivamente em áreas e momentos escolhidos aleatoriamente – e não por trabalhadores específicos individuais.

26 de abril de 2004

2. A amostragem gera um menor nível de ansiedade e tensão para os funcionários do que a observação contínua (como a mensuração usando cronômetro).
3. A interferência é inexistente ou mínima nas atividades normais do trabalhador.
4. Observadores com um mínimo de treinamento especializado podem realizar a amostragem aleatória do trabalho.
5. O número de observações pode ser ajustado para atender aos níveis desejados de precisão.
6. A amostragem do trabalho é uma maneira eficaz de coletar fatos úteis durante a execução do projeto, que não seriam coletados normalmente usando outros métodos.
7. A amostragem do trabalho custa menos do que as técnicas de observação contínua.

### TEORIA DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO

A amostragem do trabalho baseia-se na teoria da probabilidade. Isso significa que amostras de atividades observadas aleatoriamente de um grande grupo de atividades executadas pelos operários em um projeto tendem a apresentar o mesmo padrão de distribuição de um grande grupo. A razão do número de observações (amostras) de uma determinada atividade em relação ao número total de observações de todas as atividades aproxima-se da porcentagem de tempo que o processo de trabalho gasta em tal atividade. Caso o número de observações seja suficientemente grande, a porcentagem de tempo que a amostragem do trabalho descobriu que é gasta em uma atividade terá pouca diferença do tempo real despendido naquela atividade no processo de trabalho desenvolvido no local do projeto.

Um número satisfatório de observações deve ser feito para assegurar a precisão. O procedimento é fácil de ser aprendido, mas é importante que visitas de amostragem sejam realizadas aleatoriamente e de forma não tendenciosa. Todos os trabalhadores em todas as tarefas durante todos os períodos de trabalho devem ter oportunidades iguais de serem observados em todas as visitas.

Um princípio fundamental da amostragem do trabalho é que o número de observações é proporcional à porcentagem de tempo que a força de trabalho está envolvida em uma atividade tal como, por exemplo, "trabalho". Uma amostra de tamanho  $N$  é retirada para estimar a proporção  $P$ . De acordo com a teoria elementar de amostragem, não podemos esperar que a proporção baseada em uma amostra ( $p$ ) seja o valor real de  $P$ . Mas podemos esperar que o valor de  $p$  esteja dentro da faixa de  $P \pm 2\sigma$  ('sigma' é o símbolo usado para representar desvio padrão) aproximadamente 95 por cento do tempo em um nível de confiança (selecionado) de 95 por cento. Sendo  $P$  a única porcentagem real a ser determinada, pode-se esperar que o  $p$  de qualquer amostra caia dentro dos limites de  $P \pm 2\sigma$  somente por acaso 19 em cada 20 vezes.

Conforme o número de observações  $N$  aumenta, o erro de amostragem diminui, ou seja, o valor  $p$  aproxima-se do valor verdadeiro de  $P$ . A precisão absoluta é a diferença entre a porcentagem observada de  $p$  e o valor real de  $P$  (a precisão relativa é essa diferença expressa como uma porcentagem da porcentagem observada). A precisão absoluta dos dados resultantes pode ser calculada usando a fórmula:

$$A = Z\sqrt{p(1 - P) / N} \quad (1)$$

Onde:

$A$  = precisão absoluta

$Z$  = Número de desvios padrão  $\sigma$  (para o nível de confiança de 95 %, o valor de  $Z = 2$ )

26 de abril de 2004

$p$  = a percentagem observada, obtida pela amostragem do trabalho

$N$  = O número total de observações de amostragem do trabalho realizadas.

## METODOLOGIA DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A amostragem do trabalho exige a coleta periódica de dados por analistas capacitados de construção e manutenção, que observem toda a força de trabalho no canteiro de obras (com algumas exceções que serão discutidas posteriormente). Visitas aleatórias de observação deverão ser realizadas em momentos escolhidos aleatoriamente durante todos os períodos de trabalho, salvo os períodos quando nenhum trabalho está sendo realizado, tais como períodos de limpeza em finais de turno ou pausas (se todas as equipes fizerem pausas em horários especificamente agendados) e os pontos de partida das visitas deverão ser variados na medida do possível.

As atividades dos operários são registradas manualmente de acordo com as classificações específicas da categoria da atividade, que são pré-definidas e podem ser personalizadas para o projeto específico de construção ou manutenção. Cada trabalhador é contado como uma observação de amostragem, e toda a força de trabalho envolvida em mão de obra no local deve ser incluída. Uma observação de amostragem é uma observação da atividade de trabalho no exato instante em que o analista observa a atividade em uma visita de observação para amostragem do trabalho.

Antes do início de todas as visitas de observação, o analista determina e documenta o tamanho da equipe (ou tamanhos, se forem várias equipes) e sua área de trabalho para assegurar que todos serão observados. Um analista observa e registra, de forma impessoal, todas as atividades dos operários e do mestre de obras que estejam ocorrendo no projeto, assinalando em um formulário de coleta de dados (como o “Formulário de Coleta de Dados” no anexo B) e também registra o número de operários que não são observados na obra (“que não são considerados”).

Utilizando um software estatístico, a percentagem de observações de cada categoria de atividade é calculada. Os dados resultantes demonstram a utilização geral da equipe para o período de trabalho amostrado e pode ser impresso graficamente, por exemplo, no formato de um gráfico pizza. Ao aplicar as proporções de atividades com valor agregado e não agregado ao total de horas de trabalho disponíveis, pode ser determinado o tempo gasto em cada uma das categorias. Uma cópia impressa de um diagrama de dispersão da, por exemplo, percentagem da utilização da produtividade (“trabalho direto”) em comparação aos horários de início das visitas, é uma forma prática de verificar a aleatoriedade graficamente e determinar a variação do processo de trabalho. O software irá calcular o nível médio (regular) da atividade produtiva e o desvio padrão do processo geral.

Melhoria significa elevar o nível de eficiência do processo de trabalho e reduzir sua variabilidade. A análise dos dados de mensuração do processo de trabalho permite que os responsáveis pelas decisões adotem ações imediatas e apropriadas para remover restrições sistêmicas e obstáculos que interfiram com a melhor utilização produtiva possível dos recursos da mão de obra operária.

Ao trabalhar dando respaldo ao gerenciamento de projeto do empreendedor e/ou Contratada, a gestão de custos ajuda a identificar oportunidades de melhorias e racionalização e/ou redesenho do processo de trabalho, além de estabelecer diretrizes para melhores práticas específicas para o projeto, incluindo:

1. Mensuração, análise e otimização contínuas da utilização da mão de obra produtiva;

26 de abril de 2004

2. Feedback rápido (por exemplo, o mais tardar no final do turno) sobre a eficiência do processo de trabalho;
3. Análise de dados colhidos ao longo do tempo sobre tendência e variabilidade do processo;
4. Avaliação do desempenho do processo de trabalho em comparação à linha de base e *benchmarks* da indústria;
5. Planejamento e preparação antecipados com a finalidade de obter um fluxo de trabalho mais eficiente;
6. Atualização dos bancos de dados históricos de estimativas para respaldar futuras estimativas “enxutas”.
7. Revisões e auditorias regulares sobre a solidez da implementação desta prática.

### ADESÃO À AMOSTRAGEM DO TRABALHO

Antes de iniciar a amostragem do trabalho, é preciso convencer todo o pessoal, em todos os níveis das organizações afetadas, sobre a utilização do método. A adesão deve incluir a diretoria, supervisão e, se for o caso, sindicalistas. A amostragem do trabalho é uma ferramenta que torna mais conveniente para os operários a realização de tarefas designadas a eles, por meio da racionalização de procedimentos e remoção de barreiras. A administração tem a responsabilidade de eliminar ou minimizar fatores que limitem a produtividade do projeto.

Normalmente, reuniões informativas de 15 minutos entre os supervisores de campo e sindicalistas funcionam bem. Os operários podem ser informados sobre o procedimento básico de amostragem do trabalho durante o procedimento admissional, por exemplo, usando um vídeo curto, feito sob medida, que assegure a coerência da apresentação. É importante explicar que a coleta de dados é feita de forma impessoal, as definições da atividade e como os resultados da amostragem são usados para demonstrar a eficiência do processo de trabalho.

O foco na eficiência do processo de trabalho da construção apresenta uma forma nova e eficaz de gerenciar projetos de construção civil com uma eficácia de custo aprimorada.

### PLANEJAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA AMOSTRAGEM DO TRABALHO

Após as reuniões para explicar sobre procedimentos de amostragem do trabalho, definições das atividades e obtenção da adesão por parte da administração, supervisão e força de trabalho, um plano detalhado é necessário antes de realizar as visitas de amostragem no canteiro de obras. Os principais pontos são:

1. Determinar a precisão desejada de resultados e especificar o nível de confiança, por exemplo, uma precisão relativa de  $\pm 5\%$  em um nível de confiança de 95 por cento é prática e geralmente adequada.
2. Em seguida, determinar o número requerido de observações para obter a exatidão desejada, por exemplo, usando uma tabela de consulta para precisão estatística, cujo exemplo é apresentado no Anexo H.
3. Com base no horário previsto para a visita de observação da força de trabalho no canteiro da obra, determinar o número diário de visitas necessárias de amostragem do trabalho para obter o número requerido de observações.
4. Depois, elaborar o formulário de amostragem do trabalho no qual as observações serão registradas. Há um exemplo no Anexo B.

26 de abril de 2004

## IMPLEMENTAÇÃO DA AMOSTRAGEM ALEATÓRIA DO TRABALHO

A implementação do método em obras de construção ou manutenção incluem as seguintes atividades e entregas:

1. Realizar reuniões antecipadas para assegurar a adesão e apoio da administração, supervisão e força de trabalho antes do início da mensuração da atividade de trabalho.
2. Determinar quais funções dos canteiros de obras devem ser excluídas da amostragem do trabalho. Observar uma pequena equipe trabalhando em um local distante pode não ter eficácia de custos, exigindo muito tempo de viagem para fazer a observação. Em tal caso, seria mais prático manter esse pequeno número de trabalhadores fora da amostragem. (Observe que os dados resultantes refletem apenas observações reais feitas nas áreas de trabalho incluídas na amostragem).
3. Mensurar a utilização da força de trabalho por meio da observação de toda a força de trabalho no canteiro de obras (exceto funções que sejam excluídas devido à distância da principal área de trabalho).
4. Durante a realização das visitas de observação de amostragem do trabalho, é útil perguntar: “O que pode ser feito para melhorar a utilização produtiva, reduzir o tempo desperdiçado, minimizar o tempo de deslocamento e racionalizar o fluxo de trabalho?”
5. Comunicar-se regularmente com os supervisores de campo para obter informações sobre os locais de trabalho, provisão de pessoal e procedimentos existentes como pausas, controle de ferramentas, reuniões de segurança e quaisquer restrições ou interferências.
6. Produzir regularmente relatórios gráficos e de fácil leitura sobre a utilização da mão de obra, por exemplo, gráficos-pizza, gráficos de tendências e diagramas de dispersão.
7. Preparar recomendações de ações (por exemplo, uma “lista de medidas de ação”) para reduzir atividades sem valor agregado (evitando acusações e atribuição de culpas) para apresentação aos gerentes do projeto.
8. Oferecer e estar preparado para facilitar a resolução de problemas da equipe com a participação de operários selecionados e do mestre de obras, produzindo recomendações à administração para aprimorar o processo de trabalho. Incluir uma determinação do custo-benefício das oportunidades recomendadas para a melhoria do processo de trabalho.
9. Revisar e atualizar o banco de dados históricos sobre estimativas com os dados mais recentes.
10. Mediante solicitação, realizar workshops de capacitação para o aprimoramento contínuo.

Com o apoio da diretoria, a melhoria do processo de trabalho pode causar uma economia significativa no custo e tempo de mão de obra. E, por meio de comunicação e ênfase no “trabalho mais inteligente”, os operários normalmente reagem bem à abordagem de aprimoramento contínuo do processo de trabalho, que torna o trabalho mais “conveniente” para o trabalhador.

## PRINCIPAIS TERMOS E DEFINIÇÕES

- 1) **Nível de Confiança.** A probabilidade de que o valor real sendo estimado pela amostragem esteja incluído em uma faixa especificada. O nível desejado de confiança é estipulado pelo analista e a faixa de exatidão ou de precisão é calculada ou consultada em uma tabela. Por exemplo, se o nível desejado de confiança é 95% e a “utilização produtiva” (ou “trabalho direto”) é  $56 \pm 2,5$  %, então existe 95% de chance de que a “utilização produtiva” seja entre 53,5 e 58,5 %.
- 2) **Precisão.** Uma faixa de possíveis valores determinados de acordo com o nível de confiança. Quando calculada a partir dos resultados da amostra, a faixa de precisão tem limite superior e inferior dentro dos quais a

26 de abril de 2004

estimativa pode diferir do valor real. Na amostragem do trabalho, uma faixa recomendada de precisão é normalmente de no mínimo  $\pm 5\%$  (“precisão relativa”) em um nível de confiança de 95%. A precisão da mensuração da amostragem que é obtida depende do tamanho  $N$  da amostra e da percentagem de observações de uma atividade  $p$ .

- 3) **Desvio Padrão (sigma,  $\sigma$ ).** Uma medida de variabilidade, ou seja, do desvio de uma média do percentual de atividade, segundo a formula:

$$\sigma = Z\sqrt{p(1 - P) / N} \quad (2)$$

Onde:

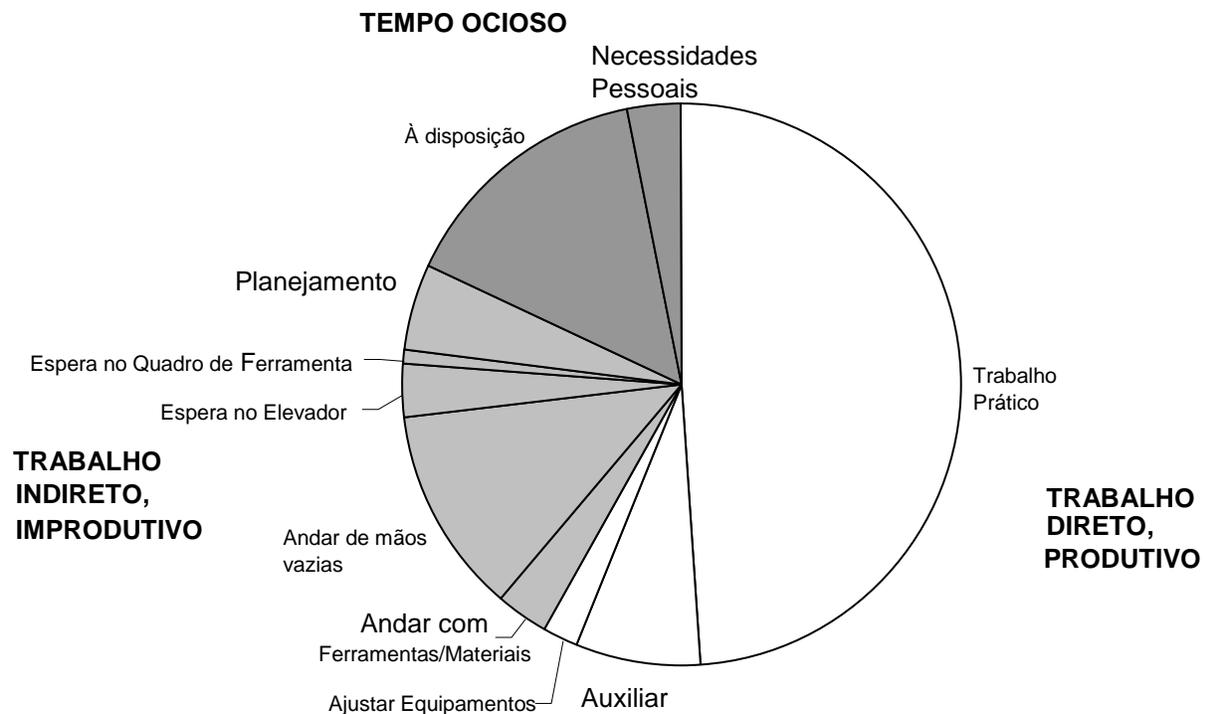
$\sigma$  = desvio padrão

$p$  = percentagem de ocorrência da atividade observada (por exemplo, utilização produtiva)

$N$  = Número total de observações obtidas em visitas para amostragem do trabalho

- 4) **Aleatoriedade das visitas de observação, no horário de início e no caminho da visita de observação do analista (horário/rota aleatórios).** Usando um gerador de horários aleatórios por computador ou uma tabela de horários aleatórios (consulte o Anexo G), o analista escolhe o horário de início para uma visita de observação. Os pontos de início da visita são escolhidos aleatoriamente com a seleção de diferentes locais de início e caminhos percorridos no local do projeto. As visitas de amostragem devem ser realizadas de forma aleatória e imparcial no decorrer de todos os turnos de trabalho. Todos os trabalhadores em todas as tarefas durante todos os períodos de trabalho devem ter oportunidades iguais de serem observados em todas as visitas de amostragem. O diagrama de dispersão dos horários de início das visitas durante os turnos de trabalho (o Anexo F contém um exemplo do diagrama, demonstrando médias de percentagem de trabalho direto, produtivo e horários de início de visitas de observação, planejado para um turno específico durante o andamento da obra) pode ser usado para verificar a aleatoriedade da observação, e também para analisar a variabilidade do processo de trabalho.
- 5) **Formulário de Coleta de Dados e Planilha sobre o Mestre de Obras.** Amostras são observações obtidas observando as atividades da força de trabalho como grupos de operários simultaneamente ou como indivíduos trabalhando separadamente na obra durante a observação, e classificando as atividades observadas em categorias pré-definidas, de forma impessoal. O Formulário de Coleta de Dados contido no Anexo B é um exemplo do formulário usado pelos analistas para registrar as observações. Por sua vez, a Planilha sobre o Mestre de Obras no Anexo C é utilizada para registrar informações sobre a localização do canteiro e sobre o tamanho da equipe do mestre de obras, além de ser utilizada pelo analista para assegurar a cobertura de todas as áreas da obra, sobre o mestre de obras e toda sua força de trabalho.
- 6) **Definições de Categorias de Atividade para a Amostragem do trabalho.** As atividades da força de trabalho são agrupadas, basicamente, em três categorias principais: “Trabalho Produtivo (Utilização)”, “Trabalho Improdutivo” e “Tempo Ocioso”. Cada uma delas tem suas subcategorias, como demonstrado no gráfico da Figura 1. Muitas vezes, definições de amostragem do trabalho são personalizadas para fornecer informações relevantes para a tomada de decisões e específicas para um projeto ou instalação. O Anexo A contém exemplos de definições de atividades em obras de construção civil. Um relatório impresso diário sobre a utilização da hora de trabalho dos operários por turno pode mostrar as percentagens reais mensuradas no formato de gráfico pizza, como demonstrado no Anexo D.
- Além disso, a percentagem de trabalhadores não observados (“não considerados nos cálculos”), bem como o número total de observações ( $N$ ) pode ser demonstrada em um relatório diário.

26 de abril de 2004



**Figura 1** —Exemplo de gráfico de proporções de utilização de horas de trabalho por categoria de trabalho

- 7) **Relatórios.** Para serem úteis e eficazes, os dados de mensuração do processo de trabalho deverão ser reportados periodicamente. Por exemplo, ao final de cada turno, um gráfico pizza mostrando a utilização da mão de obra naquele período pode ser elaborado e apresentado à gestão e supervisão do projeto, e pode ser divulgado para os operários em quadros de avisos. O gráfico pizza no Anexo D mostra os possíveis fatores causais que afetam as categorias de atividades. Pode-se incluir uma Lista de Medidas de Ação, ou seja, anotações curtas sobre a causa percebida e o efeito da interação das atividades de trabalho no Sistema e interferências no fluxo de trabalho. A lista é atualizada regularmente com obstáculos ou restrições ao fluxo eficiente de trabalho que tenham sido observados pelo analista nas visitas de amostragem ou em passagens realizadas com o propósito específico de identificar problemas no fluxo de trabalho ( se houver tempo suficiente, entre as visitas de amostragem do trabalho).
- 8) **Lista de Medidas de Ação.** Também chamada de atividade de trabalho “indesejável”, ou seja, uma atividade classificada como trabalho, mas que possivelmente pode ser eliminada ou reduzida com melhorias no processo. Entre os exemplos, estão determinados tipos de caminhada, espera, limpeza, etc.  
O Anexo I contém um exemplo de formato de Lista de Medidas de Ação

Nota de Rodapé:

1. A Prática Recomendada nº 10S-90 da AACE International, “Terminologia para Engenharia de Custos” define produtividade como uma “medida relativa de eficiência de mão de obra, boa ou má, quando comparada a uma base ou norma estabelecida...”. Tal definição aplica-se a índices de produtividade como os usados em práticas de

26 de abril de 2004

controle de projetos de valor agregado e não na mensuração direta da utilização da força de trabalho produtiva para fins de aprimoramento do processo de trabalho.

## REFERÊNCIAS

1. Failing, Robert G, Jerry L. Jantzen and Larry D. Blevins, 1988, *“Improving Productivity Through Work Measurement: A Cooperative Approach,”* American Institute of Certified Public Accountants, New York.
2. Harley R. Macklin and Hans E. Picard, *“Continuous Improvement of Productivity - How an electric utility uses work measurement to innovatively manage contractor labor requirements on maintenance outages,”* Cost Engineering, Vol. 34, No. 10, Oct.1992.
3. Harrington, H.James, 1991, **Business Process Improvement**, McGraw-Hill.
4. Niebel, Benjamin W., 1993, **Motion and Time Study**, Erwin
5. Picard, Hans E., *“Productivity and Value Management on Utility Construction and Maintenance Projects”*, Debate, Simpósio do Project Management Institute, setembro de 1991, Dallas, Texas.
6. Picard, Hans E. and C. Robert Seay, Jr., *“Competitive Advantage through Continuous Outage Improvement”* Conferência do EPRI sobre Manutenção de Usinas Termoeletricas, Baltimore, Maryland, julho de 1996.
7. Picard, Hans E., Sc.D., *“Industrial Construction Efficiency and Productivity,”* Negociações, 44ª Reunião Anual da AACE International, junho de 2000, Calgary, AB, Canadá.
8. Pitt, Hy, 1994, **SPC for the Rest of Us**, Addison-Wesley.
9. Picard, Hans E., *“Construction Performance Benchmarking Measurement,”* Negociações, 46ª Reunião Anual da AACE International, junho de 2002, Portland, OR.
10. Picard, Hans E., *“Construction Process Measurement and Improvement”*, Debate, 10ª Conferência Annual sobre Construção Enxuta, Agosto de 2002, Gramado, Brasil.
11. DCAA (2002). Defense Contract Audit Agency (DCAA) Document Title: *DCAAM 7640.1; DCAA Contract Audit Manual, Vol. 2; Jan. 2002 Appendix 1.*

## COLABORADORES

*Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.*

Hans E. Picard, (Autor)  
Charles E. Bolyard, Jr.  
Robert C. Creese, PE CCE  
Earl T. Glenwright, Jr.  
Stephen M. Jacobson, CCC  
Richard A. Selg, CCE  
Ronald M. Winter  
James G. Zack, Jr.

26 de abril, 2004

## ANEXO A. DEFINIÇÕES DE AMOSTRAGEM DO TRABALHO APLICÁVEIS A PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

**Atividade de Trabalho Direta e Produtiva:** utilização de ferramentas ou esforço em um local de trabalho designado para realizar uma tarefa atribuída que faz uma contribuição direta e produtiva à conclusão do escopo de trabalho. Existem três subcategorias dentro da Atividade de Trabalho Direta e Produtiva

### 1. Trabalho Prático

#### a. Com ferramentas ou equipamentos

- Operar ferramentas de ar comprimido ou elétricas
- Solda, corte, brasagem ou aquecimento (arco ou tocha de soldagem)
- Parafusar e desparafusar usando chave de boca, chave de fenda ou outra ferramenta manual
- Martelar, lixar, serrar, assorear ou polir
- Varrer, limpar, lustrar, escovar ou aplicar tinta/revestimento
- Instalar ou posicionar guinchos/estropos de corrente ou andaimes
- Alinhar ou posicionar peças ou materiais em equipamentos, suportes, etc.
- Retirar ou reservar ferramentas ou peças no canteiro de obras
- Instalação de fios, cabos, linhas, etc.

#### b. Inspeção

- Observação da operação ou condição dos equipamentos para assegurar o funcionamento adequado
- Uso de calibradores, paquímetros, leitores ou outros instrumentos para medir ou testar a condição ou operação dos equipamentos, da instalação ou circuitos
- Uso de diagramas ou esquemas com finalidade de ensino no canteiro de obras
- Inspeção da qualidade do trabalho concluído, ou seja, verificação de soldas, rosqueamentos, alinhamentos, etc.

#### c. Uso de equipamentos ou veículos (por exemplo, reboque, guindaste, empilhadeira)

- Levantar, descer ou posicionar a carga
- Dirigir/operar equipamento rolante (tarefa designada)

#### d. Atividades de Apoio

- Ajudante da ferramentaria ou entregador de ferramentas ao levar ou entregar uma ferramenta a outro operário.
- Ajudante do quadro de ferramentas ou entregador de ferramentas ao trabalhar em um equipamento, em seu ajuste ou conserto.
- Aguardar ativamente que um cordão de solda lhe seja passado quando estiver trabalhando com soldagem automatizada.

### 2. Auxílio

- Entregar ferramentas ou materiais
- Posicionar materiais, peças ou equipamentos para outro operário
- Atuar como sinalizador para ajudar a movimentação de equipamentos
- Realizar atividades relacionadas à segurança, como segurar a escada para outro operário, observação de chama ou perfuração, e auxiliar o operador de guindaste no içamento de cargas, etc.

26 de abril de 2004

## ANEXO

- Segurar, apoiar ou puxar tubulações, peças ou elementos estruturais para que outra pessoa realize uma tarefa
- Ajudante da ferramentaria ou entregador de ferramentas quando não estiver trabalhando diretamente com ferramentas ou ajudando outro operário

### 3. Ajuste de Equipamentos

- Substituir o disco de corte ou rebolo em um esmeril manual
- Ajustar o equipamento para soldagem do tipo tocha ou arco antes de fazer um corte ou solda
- Ajustar o equipamento para soldagem do tipo tocha ou arco para outro operário
- Ficar à disposição para resolver problemas durante processos iniciais ou dificuldades
- Consertar ou modificar ferramentas ou equipamentos

**Atividade de Trabalho Indireta e Improdutiva: apoia atividades que não contribuem diretamente para a conclusão de uma tarefa ou projeto. Tais atividades incluem:**

1. Andar com ferramentas ou materiais: transportar (também caminhar ou pegar carona em um veículo com) peças, ferramentas, materiais ou equipamentos, dentro ou fora da área abrangida pelo projeto.
2. Andar de mãos vazias: caminhar ou pegar carona (como passageiro em um veículo) de mãos vazias dentro ou fora da área abrangida pelo projeto.
3. Esperar pelo elevador
4. Esperar na ferramentaria ou almoxarifados: Esperar em um almoxarifado ou depósito/quadro de ferramentas por peças, materiais, ferramentas ou insumos.
5. Planejar/obter informações relacionadas ao trabalho
  - Estudar desenhos, gráficos, manuais ou anotações para obter informações relacionadas ao trabalho (fora da área de trabalho)
  - Realizar cálculos (fora da área de trabalho)
  - Discussão relativa ao trabalho com o mestre de obras/ operários
  - Fazer esboços
  - Usar sistemas de mensagens, telefones ou rádios walkie-talkies da planta

### **Tempo ocioso: inativo, incluindo**

1. Pronto: pronto para auxiliar um colega em uma atividade ou pronto para o trabalho, mas “em espera”.
2. Necessidades Pessoais: todo o tempo não utilizado e não explicado ou tempo ocioso por motivos pessoais

### **Dados Complementares: incluem:**

1. Não considerados: a percentagem de operários não observados durante a visita de observação para amostragem. É a diferença entre o número correto de funcionários fornecido pela supervisão e o número real de observações feito pelo analista.





26 de abril, 2004

**C. PLANILHA SOBRE O MESTRE DE OBRAS**

Técnico: \_\_\_\_\_

Parceiro: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
Local: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

**Condições Meteorológicas**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tempo Firme                 | <input type="checkbox"/> Chuva de Granizo, Geadas, Etc. (Quantas horas _____) |
| <input type="checkbox"/> Nublado                     | <input type="checkbox"/> Neve   |
| <input type="checkbox"/> Chuva (Quantas horas _____) | <input type="checkbox"/> Fortes Ventos  |
- Temp \_\_\_\_\_ ° C

**Informações sobre o Mestre de Obras**

<u>Mestre de obras</u>	<u>Nº de Operários</u>	<u>Onde</u>	<u>Mestre de obras</u>	<u>Nº de Operários</u>	<u>Onde</u>

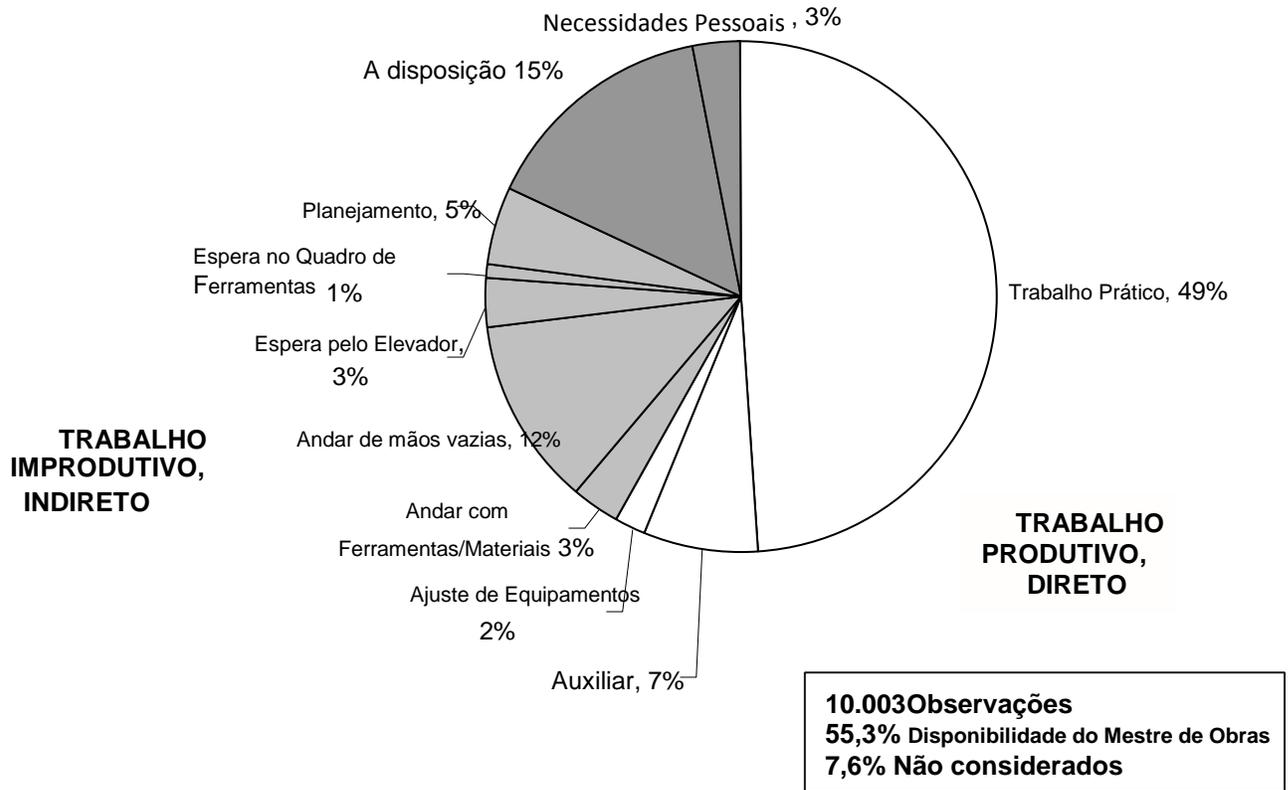
**Observações Miscelâneas**

**D. EXEMPLO DE RELATÓRIO DIÁRIO EM FORMATO DE GRÁFICO PIZZA**

**TEMPO OCIOSO**

26 de abril de 2004

**ANEXO**

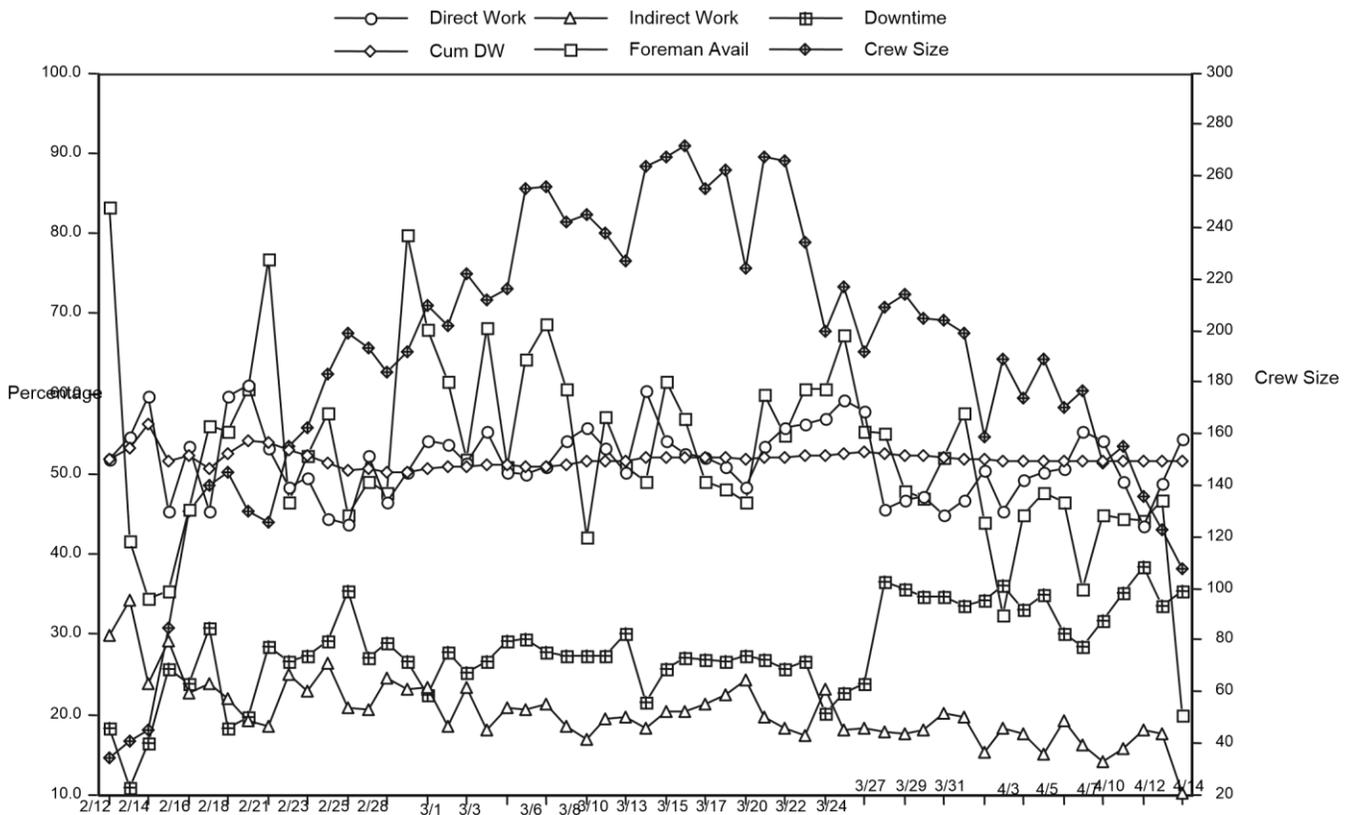


Exemplo de gráfico sobre utilização de horas de mão de obra por categoria de trabalho, com as percentagens reais observadas como poderiam ser usadas em um relatório diário

**E. EXEMPLO DE GRÁFICO DE TENDÊNCIA**

26 de abril , 2004

**ANEXO**



*Legenda:*

*(superior)*

Trabalho Direto

Trabalho Indireto

Tempo Ocioso

Trabalho Direto Cumulativo

Disponib. Do Mestre de Obras

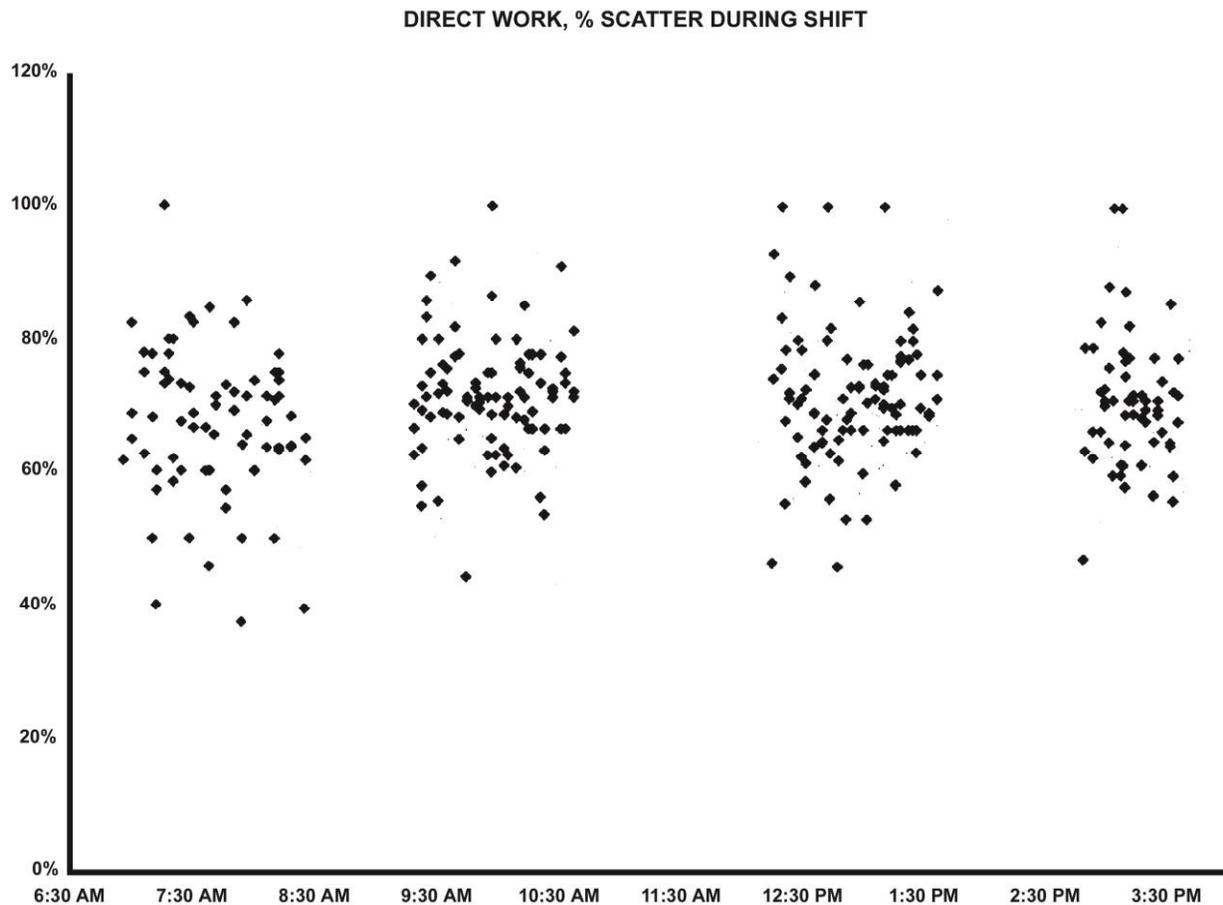
Tamanho da Equipe

*(lado esquerdo do gráfico)* Percentagem

*(lado direito do gráfico)* Tamanho da Equipe

**ANEXO**

**ANEXO F. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE DISPERSÃO SOBRE PERCENTUAL DE TRABALHO PRODUTIVO MENSURADO EM VISITAS VS. HORÁRIOS DE INÍCIO DAS VISITAS**



(LEGENDA) TRABALHO DIRETO, % DE DISPERSÃO DURANTE O TURNO DE TRABALHO

**G. EXEMPLO DE TABELA ALEATÓRIA DE HORÁRIOS**

HORÁRIOS PARA O INÍCIO DAS VISITAS ALEATÓRIAS (Intervalos de 5 minutos – horas/minutos do início do turno)

0:20	0:10	0:25	0:15	0:25	0:20	0:15
0:55	0:55	0:45	1:00	0:30	0:25	1:10
2:30	1:10	1:05	1:25	0:40	0:55	1:25
3:05	1:45	2:20	1:55	1:00	1:20	1:40
3:25	2:05	2:30	2:45	1:40	1:35	1:45
4:00	2:50	3:40	3:50	2:15	1:55	2:40

26 de abril , 2004

**ANEXO**

4:10	3:20	5:00	4:25	2:20	2:30	2:55
4:55	3:30	5:45	5:10	2:30	2:45	3:45
5:00	4:45	5:55	6:20	2:45	3:35	4:55
5:55	4:55	6:00	6:25	3:35	4:05	5:15
6:45	5:00	6:45	6:50	4:00	5:00	5:45
6:50	6:05	7:45	6:55	4:15	6:25	6:25
7:10	7:10	7:55	7:15	6:25	7:20	6:35
7:25	7:35	8:25	7:40	7:30	7:40	7:50
8:20	8:15	8:40	8:25	8:05	8:20	8:10
9:55	8:25	9:10	8:30	8:15	8:30	8:20
10:00	9:40	9:20	9:05	8:40	9:30	9:35
10:30	9:55	9:30	9:25	9:30	9:50	10:40
10:40	10:00	10:25	10:20	9:45	10:25	10:55
11:10	10:30	10:35	11:25	10:25	11:10	11:35
11:50	11:10	10:40	11:45	12:15	11:50	12:35

26 de abril de 2004

**ANEXO****H. PRECISÃO ABOLUTA EM 95% DE CONFIANÇA**

Para determinar a precisão absoluta de  $A_a\%$  em valores de proporção  $p\%$  e o número de observações  $N$ , em um nível de confiança de 95%, segundo a fórmula  $Aa = 2\sqrt{p(1 - P) / N}$

$p\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 4\%$	$\pm 5\%$
1/99	396	99	44	25	16
2/98	784	196	87	49	31
3/97	1164	291	129	73	47
4/96	1536	384	171	96	61
5/95	1900	475	211	119	76
6/94	2256	564	251	141	90
7/93	2604	651	289	163	104
8/92	2944	736	327	184	118
9/91	3276	819	364	205	131
10/90	3600	900	400	225	144
11/89	3916	979	435	245	157
12/88	4224	1056	469	264	169
13/87	4524	1131	503	283	181
14/86	4816	1204	535	301	193
15/85	5100	1275	567	319	204
16/84	5376	1344	597	336	215
17/83	5644	1411	627	353	226
18/82	5904	1476	656	369	236
19/81	6156	1539	684	385	246
20/80	6400	1600	711	400	256
21/79	6636	1659	737	415	265
22/78	6864	1716	763	429	275
23/77	7084	1771	787	443	283
24/76	7296	1824	811	456	292
25/75	7500	1875	833	469	300
26/74	7696	1924	855	481	308
27/73	7884	1971	876	493	315
28/72	8064	2016	896	504	323
29/71	8236	2059	915	515	329
30/70	8400	2100	933	525	336
31/69	8556	2139	951	535	342
32/68	8704	2176	967	544	348
33/67	8844	2211	983	553	354
34/66	8976	2244	997	561	359
35/65	9100	2275	1011	569	364

26 de abril , 2004

**ANEXO**

36/64	9216	2304	1024	576	369
37/63	9324	2331	1036	583	373
38/62	9424	2356	1047	589	377
39/61	9516	2379	1057	595	381
40/60	9600	2400	1067	600	384
41/59	9676	2419	1075	605	387
42/58	9744	2436	1083	609	390
43/57	9804	2451	1089	613	392
44/56	9856	2464	1095	616	394
45/55	9900	2475	1100	619	396
46/54	9936	2484	1104	621	397
47/53	9964	2491	1107	623	399
48/52	9984	2496	1109	624	399
49/51	9996	2499	1111	625	400
50/50	10000	2500	1111	625	400

26 de abril de 2004

**ANEXO****I. EXEMPLO DE LISTA DE MEDIDAS DE AÇÃO****LISTA DE MEDIDAS DE AÇÃO****LOCAL/NOME DO PROJETO:****DATA ATUAL:**

Nº do Item	Data Comunicada	Obstáculo à utilização Produtiva do Trabalhador	n Plano de Ação	Pessoa Responsável	Data de Vencimento	Status	Data de Conclusão
1	01/08	Operários andando com materiais; local para entrega é distante (em metros)	1) Designar expedidores para levar os materiais para os operários nos canteiros 2) Revisar o procedimento de planejamento de fluxo de trabalho	Superintendente do Canteiro de Obras	02/08	Designar expedidores	02/08
2	03/08	Longas esperas no início/final do turno conforme o tamanho da equipe aumenta	1) Abrir uma janela adicional de serviços 2) Acrescentar auxiliares quando necessário 3) Revisar a política de controle de ferramentas	Superintendente do Canteiro de Obras	05/08	Feito	07/08
3	04/08	Operários esperando enquanto equipamentos são reabastecidos	Abastecer os equipamentos à noite, para que estejam prontos para o dia seguinte	Operador do Caminhão-Tanque	04/08	Sendo feito a partir de hoje	04/08
4	04/08	Operários esperando em áreas de trabalho por razões desconhecidas	1) Revisar o procedimento de alocação de mão de obra 2) Equilibrar com a carga viável de trabalho	Superintendente do Canteiro de Obras	05/08		
5							