


Cálculo Exploração do RRC - DBAPI005

 Tempo aproximado para leitura: 12 minutos

Cálculo Exploração do RRC - DBAPI005

Visão Geral do Programa

Maximizar o desempenho do recurso que é restrição de capacidade, utilizando horas extras, parâmetros do sequenciamento e otimização de setup.

 **Pré-requisito:**
É pré-requisito para a execução desta função:
[Cálculo do Sequenciamento da Demanda \(DB0201\)](#).

Nossa meta é garantir os prazos de entrega e proteger o ganho e todo o nosso esforço estará, a partir de agora, relacionado ao processo de transformar o maior número possível de operações vermelhas, laranjas e amarelas em operações verdes. Se conseguirmos atingir esse objetivo, estaremos garantindo um atendimento, no prazo, de 100% dos pedidos.

Se meditarmos um pouco a esse respeito, perceberemos com facilidade algumas alternativas possíveis. Nesse momento ainda não interessa elevar, e eventualmente, quebrar a restrição. Poderíamos estar comprando novos equipamentos ou investindo nos atuais, porém devemos, antes disso, exaurir todas as possibilidades no sentido de otimizar o uso da restrição. Como ela é nosso mais precioso recurso, qualquer esforço deverá focá-la e melhorá-la.

Assim sendo, o APS oferece a possibilidade de aplicação de horas extras, de forma manual (o usuário define as datas), alteração dos parâmetros do sequenciamento e otimização de setup (agrupamentos).

Essas opções são definidas respectivamente pelas seguintes funções:

- [Aplicação de Horas Extras \(DB0201A\)](#).
- [Parâmetros do Sequenciamento \(DB0201B\)](#).
- [Otimização de Setup \(DB0201C\)](#).

Como funciona o cálculo da Exploração dos RRC's.

1. Aplicação de Horas Extras.

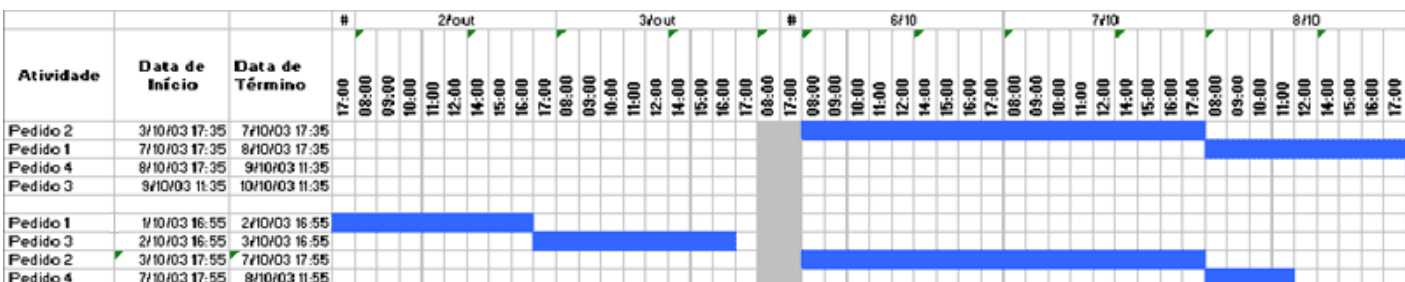
Após realizado o Sequenciamento, onde foram respeitados os critérios pré-definidos como data início mais cedo e calendário, encontrou-se a melhor ordem das tarefas que minimizasse a função objetivo (Para mais detalhes, consulte o Cálculo do Sequenciamento (DBAPI004)).

Mas ainda é possível melhorar o valor desta função, aplicando as horas-extras. Isto implica em aumentar a disponibilidade de tempo para processamento no Recurso Crítico (RRC), e por consequência permite entregar com antecedência ou antecipar os pedidos de forma que isto impacta diretamente no valor da minimização obtida. Vejamos um exemplo:

| | Pedido 1* | Pedido 2 | Pedido 3 | Pedido 4 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Status | Planejada | Firme | Planejada | Planejada |
| Prioridade | 30 | 0 | 100 | 200 |
| Quantidade | 16 | 32 | 8 | 16 |
| Peso calculado | 5 | 10 | 2 | 3 |
| Data Prevista | 03/10 17:00 | 06/10 17:00 | 06/10 14:00 | 06/10 17:00 |
| Data Mínima | 01/10 16:55 | 03/10 09:35 | 02/10 15:35 | 02/10 16:55 |

Com a seguinte sequência de operações: **1 - 3 - 2 - 4**.

Observe o Gantt da sequência gerada pelo Sequenciador comparando com o anterior:



Avaliando o novo valor obtido, vem:

Atrasos após o sequenciamento:

| Pedido | Data | Início Mais Cedo | Prometida | Atraso(min do RRC) | Peso | Total |
|----------------|------|--------------------------|------------|--------------------|------|--------------|
| Status | 2/10 | 16:55 + 511 = 3/10 17:26 | 3/10 17:00 | 26 | 5 | 130 |
| Prioridade | 3/10 | 10:55 + 502 = 6/10 11:17 | 6/10 14:00 | 0 | 2 | 0 |
| Quantidade | 7/10 | 17:35 + 527 = 9/10 8:22 | 6/10 17:00 | 1042 | 10 | 10420 |
| Peso calculado | 8/10 | 11:55 + 511 = 9/10 14:26 | 6/10 17:00 | 1286 | 3 | 3858 |
| Total | | | | | | 14408 |

Observando os resultados e avaliando as formas de cálculo, vejamos como são estimadas as datas:

Seja o turno das 8h às 12h e das 14h às 18h. Vamos avaliar o pedido 2, que mais contribui para o resultado ruim da função objetivo. A primeira pergunta que se deve fazer é por que o pedido está atrasado?

Algumas respostas possíveis:

- 1º - A data início mais cedo imposta não permite entregar no prazo.
- 2º - O tempo restante para conclusão não lhe permite pontualidade.
- 3º - A sequência imposta pelo sequenciador torna o pedido atrasado.

Então o que pode ser feito para entregá-lo no prazo?

Existem algumas alternativas, mas todas terão de alguma forma que aumentar a disponibilidade do RRC. Avaliando as alternativas acima:

Data Data Início Mais Cedo - É possível mexer nesta data? A resposta é, parcialmente, não, pois já está embutido no seu cálculo o lead time de fornecedor para entrega de matéria prima, bem como as operações antecessoras com o Tempo Significativo de Processo (TSP). Assim, seria necessário entrar em contato com o fornecedor para verificar a disponibilidade de entrega antecipada, o que pode acarretar mais custos.

Já as operações TSP são realizadas em máquinas não restritivas, portanto, não há sentido em tentar antecipá-la porque o RRC não estará disponível. Sendo assim, não é conveniente tentar alterá-la.

Sequência Imposta - Aqui, tem-se uma explicação bem simples: Se o pedido tornou-se atrasado, é porque, primeiro, o sequenciador não conseguiu antecipá-lo e segundo, se for alterada a sequência, o resultado com certeza tornar-se-á pior, isso porque outro pedido provavelmente ficará atrasado, e como seu peso é maior, não estaremos respeitando as prioridades impostas.

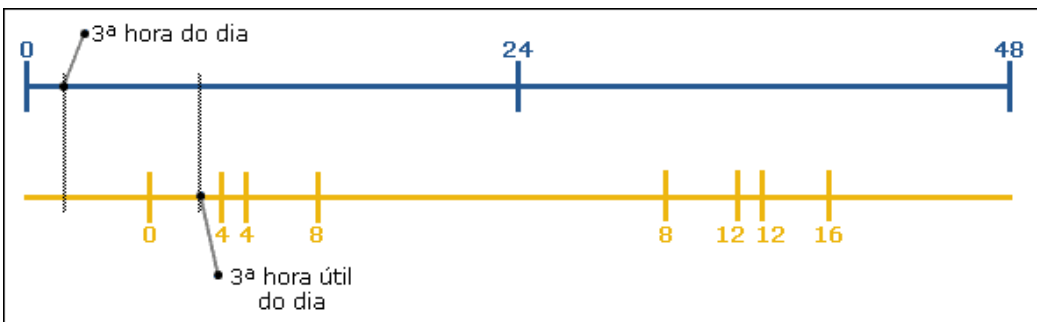
Tempo Restante - Aqui seria possível, por exemplo, dividir as tarefas para diminuir o tempo restante, mas como fazer isto? Qual a complexidade? Qual o tamanho dos lotes? Percebe-se que o impasse é ainda maior.

Assim, uma sugestão seria a de aumentar a capacidade do RRC.

Qual o impacto do aumento da disponibilidade do RRC?

Primeiro deve-se entender como se calculam as datas e como o sistema "enxerga" a disponibilidade de horários.

Existe dois tipos de tempos que calculamos: O tempo universal (horas corridas do dia -24hs), o qual utilizamos, e o tempo de trabalho (horas disponíveis do turno) (fig. 3). Explicando:



Mapeamento dos horários contínuos e úteis. Os rótulos indicam o número de horas transcorridas desde o marco zero.

Para este exemplo, tem-se 8 horas de disponibilidades diárias: 8h à 12h e das 14h às 18h. Assim, quando nos referimos à 3ª hora, estamos falando na 3ª hora, a partir do instante em que iniciamos. Isto nos leva a 11 horas, pois começamos às 8h mais 3 horas, chega-se às 11h mencionadas acima.

Portanto, quando dizemos que o produto deve ser entregue em uma determinada data, primeiro faz-se necessário converter esta data para unidades de trabalho. No exemplo, para o pedido 2, o qual tinha como data prometida 06/10 às 17h, e supondo uma data de referência (instante 0) como 01/10, teremos o seguinte:

- 01/10 - 8 horas (Quarta-feira).
- 02/10 - 8 horas (Quinta-feira).
- 03/10 - 8 horas (Sexta-feira).
- 04/10 e 05/10 (Sábado e domingo) neste exemplo, não são considerados.
- 06/10 até as 17h - 7 horas. (Segunda-feira).

Logo, em unidades do turno do RRC isto corresponde a 31 horas ou 1860 minutos. Isto é, o pedido deve ser entregue no 1860º minuto do RRC.

Sendo assim, se aumentarmos o turno de trabalho da restrição, isto "empurra" a entrega para frente, pois tem-se mais horas úteis que devem ser somadas. Como exemplo, suponha-se um turno de 10 horas (Das 8h às 12h e das 13h às 19h) diárias, assim:

- 01/10 - 10 horas (Quarta-feira).
- 02/10 - 10 horas (Quinta-feira).
- 03/10 - 10 horas (Sexta-feira).
- 04/10 e 05/10 (Sábado e domingo) não são considerados.
- 06/10 até às 17h - 8 horas. (Segunda-feira, 4 horas pela manhã e mais 4 à tarde – das 13h até as 17h).

Com isto, temos agora 38 horas disponíveis até a data de entrega ou 2280 minutos, de forma que é possível que este pedido não esteja mais atrasado.

Controla surge a seguinte pergunta: **Quanto e quando aplicar?**

A resposta é bem simples, de acordo com nosso objetivo, que é satisfazer o maior número de pedidos respeitando a prioridade, basta então, tornar em dia os pedidos que mais contribuem para o resultado da função-objetivo se elevar (os quais estão em atraso). Assim, para o exemplo do sequenciamento escolhe-se o pedido 2, pois, contribui com 10420 pontos, ou 1042 minutos e aplica-se as horas extras disponíveis até que este se torne no prazo. E assim sucessivamente, conforme turnos de horas extras aplicados, até atingir o valor mínimo possível da função objetivo.

2. Alteração dos Parâmetros do Sequenciamento.

Por questões práticas, impor uma tecnologia ao usuário nem sempre é o melhor a fazer, afinal não existe uma regra de sequenciamento que seja eficiente em todas as situações e por melhor que seja a técnica desenvolvida, sempre terão desejos adversos, os quais são justificáveis por diversos motivos. Para se adequar e tornar flexível a formulação inseriu-se a opção de ativar ou desativar determinados parâmetros (priorizar ordens firmes, priorizar menor operação, considera data de entrega e considera prioridade) usados na regra do sequenciamento.

Após o sequenciamento, estes parâmetros poderão ser alterados por grupo de máquina, para que seja efetuado um novo sequenciamento. Ao escolher esta opção, será aberta uma tela contendo todos os grupos de máquina restritivos e suas respectivas parametrizações, as quais poderão ser alteradas permitindo um novo sequenciamento, como por exemplo:

Considerando um cenário com início em 20/set e com turno de 8 (oito) horas por dia, deve-se sequenciar as operações do quadro abaixo, alterando os parâmetros do sequenciamento.

| Operação | Data mais cedo | Data de entrega | Tempo de Processamento | Tipo da Ordem | Prioridade |
|----------|----------------|-----------------|------------------------|---------------|------------|
| OP10 | 20/set | 20/set | 4 horas | Firme | 0 |
| OP11 | 20/set | 21/set | 5 horas | Firme | 10 |
| OP12 | 20/set | 21/set | 8 horas | Planejada | 30 |
| OP13 | 20/set | 22/set | 3 horas | Planejada | 20 |

Primeiro Cenário:

Considerando como critério de sequenciamento apenas a Data de Entrega (Menor data de entrega), teremos o seguinte sequenciamento das operações:

| 20/SET | | | | | | | | 21/SET | | | | | | | | 22/SET | | | | | | | |
|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| OP10 | | | | OP12 | | | | OP11 | | | | OP13 | | | | | | | | | | | |

Note que OP-11 sofrerá atraso na sua data de entrega, pois não existe capacidade para atender todas as datas de entrega e a OP-12 será executada antes da OP-11 pois a menor folga (Data de Entrega – tempo de preparação – duração da operação) é usada como critério de desempate no caso de operações com a mesma data de entrega.

Segundo Cenário:

Considerando como critério de sequenciamento apenas Prioriza Menor Operação, teremos o seguinte sequenciamento das operações:

| 20/SET | | | | | | | | 21/SET | | | | | | | | 22/SET | | | | | | | |
|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| OP13 | | | | OP10 | | | | OP11 | | | | OP12 | | | | | | | | | | | |

Com este parâmetro as operações serão processadas sempre de acordo com os menores tempos de processamento no recurso.

Terceiro Cenário:

Considerando como critério de sequenciamento apenas Considera Prioridade, teremos o seguinte sequenciamento das operações:

| 20/SET | | | | | | | | 21/SET | | | | | | | | 22/SET | | | | | | | |
|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|------|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| OP10 | | | | OP11 | | | | OP13 | | | | OP12 | | | | | | | | | | | |

Com este parâmetro as operações serão processadas na sequência crescente de prioridade da ordem.

Nota-se que com a ativação ou não dos parâmetros do sequenciamento, pode-se criar vários cenários adaptando assim a necessidade do cliente.

3 – Otimização de Setup (agrupamento).

Todo centro de trabalho precisa ser preparado antes de começar a executar as operações às quais foi destinado. A isto, se dá o nome de setup ou preparação. Os setup's variam de acordo com algum critério (tipo de máquina ou operação) e tornam-se restrições no caso de repeti-lo várias vezes.

Uma maneira de suavizar este problema é a utilização de agrupamento de setup, ou seja, agrupar na sequência operações que possuem o mesmo critério para redução de setup (item / operação, ferramental ou matriz setup).

Caso Apenas Redução de Setup esteja **marcado**, ver [Cálculo do Sequenciamento – Redução de Setup - DB0201C](#).

Caso Apenas Redução de Setup esteja desmarcado, será efetuado o agrupamento de acordo com o critério escolhido reduzindo o setup de acordo com o percentual digitado (critério item/operação ou ferramental) ou pelos percentuais cadastrados na matriz redução de setup (critério matriz de setup).

Por exemplo, considere 2 centros de trabalho onde:

- Número de operações no CT1 = 12.
- Número de operações no CT2 = 14.
- O critério de agrupamento será ferramental com três ferramentas restritivas (01, 02 e 03), as operações que possuem ferramental igual a zero são as que não utilizam ferramental restritiva e serão colocadas no final de cada agrupamento.
- Horizonte de Busca = 60 horas.

O horizonte de busca determina, em horas, a partir da data de referência parametrizada até quando devem ser pesquisadas operações para os agrupamentos. No cálculo do horizonte de busca é considerada (data de início de cada operação + tempo de preparação + tempo de execução) – Data de início da operação base, sempre em tempo contínuo de uso, ou seja, desconsidera exceções no calendário.

- No Tamanho do agrupamento será usado Tempo Total = 15 horas.

Controle

Para cálculo do tamanho do agrupamento é usada a soma do tempo duração operação base + (tempo setup das outras operações + tempo duração das outras operações do agrupamento).

- Não agrupar ordens firmes com planejadas.
- O percentual de redução de setup é de 100%. Se fosse escolhida matriz de setup, seriam utilizados os valores cadastrados na matriz redução de setup.

Características das operações do CT1

| Operação | Seqüência | Data Mínima | Tempo Duração | Tempo Preparação | Status | Data Início | Critério Ferramental |
|----------|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | Firme | 0 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | Firme | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 0 | 3 | 1 | Firme | 7 | 2 |
| 4 | 4 | 0 | 4 | 1 | Firme | 11 | 2 |
| 5 | 5 | 3 | 1 | 0.1 | Firme | 16 | 3 |
| 6 | 6 | 0 | 3 | 2 | Firme | 17.1 | 1 |
| 7 | 7 | 5 | 3.5 | 1 | Firme | 22.1 | 2 |
| 8 | 8 | 0 | 1 | 2 | Planejada | 26.6 | 1 |
| 9 | 9 | 8 | 4 | 1 | Planejada | 29.6 | 2 |
| 10 | 10 | 12 | 3 | 1 | Planejada | 34.6 | 1 |
| 11 | 11 | 0 | 0.9 | 2 | Planejada | 38.6 | 2 |
| 12 | 12 | 0 | 1.5 | 1.5 | Planejada | 41.5 | 2 |

Características das operações do CT2

| Operação | Seqüência | Data Mínima | Tempo Duração | Tempo Preparação | Status | Data Início | Critério Ferramental |
|----------|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1 | 1 | 0 | 3 | 5 | Firme | 0 | 1 |
| 2 | 2 | 0 | 4 | 1 | Firme | 8 | 2 |
| 3 | 3 | 0 | 0.5 | 2 | Firme | 13 | 1 |
| 4 | 4 | 10 | 1 | 3 | Firme | 15.5 | 1 |
| 5 | 5 | 0 | 1 | 1 | Firme | 19.5 | 1 |
| 6 | 6 | 5 | 4 | 2 | Firme | 21.5 | 2 |
| 7 | 7 | 6 | 1 | 1 | Firme | 27.5 | 1 |
| 8 | 8 | 7 | 1 | 8 | Planejada | 29.5 | 2 |
| 9 | 9 | 8 | 2 | 1.1 | Planejada | 38.5 | 0 |
| 10 | 10 | 0 | 3.6 | 0.5 | Planejada | 41.6 | 0 |
| 11 | 11 | 0 | 1 | 1 | Planejada | 45.6 | 2 |
| 12 | 12 | 0 | 2 | 2 | Planejada | 47.6 | 1 |
| 13 | 13 | 10 | 1 | 1 | Planejada | 51.6 | 2 |
| 14 | 14 | 11 | 3 | 1 | Planejada | 53.6 | 2 |

Resultados obtidos:

- Sequência ferramenta no CT1 será 2, 3, 1.
- Sequência ferramenta no CT2 será 1, 2.

No caso de item/operação e ferramental esta sequência é determinada pela ordenação fornecida pelo sequenciamento, e no caso matriz de setup será descendente pela redução de setup.

Resultados obtidos:

Características das operações do CT1

| Operação | Seqüência | Data Mínima | Tempo Duração | Tempo Preparação | Status | Data Início | Critério Ferramental |
|----------|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | Firme | 0 | 2 |
| 2 | 3 | 0 | 3 | 0 | Firme | 2 | 2 |
| 3 | 4 | 0 | 4 | 0 | Firme | 5 | 2 |
| 4 | 7 | 5 | 3 | 0 | Firme | 9 | 2 |
| 5 | 9 | 8 | 4 | 0 | Firme | 12 | 2 |
| 6 | 2 | 1 | 3 | 2 | Firme | 16 | 3 |
| 7 | 5 | 3 | 1 | 0 | Firme | 21 | 3 |
| 8 | 6 | 0 | 3 | 2 | Planejada | 22.1 | 1 |
| 9 | 8 | 0 | 1 | 0 | Planejada | 27.1 | 1 |
| 10 | 10 | 12 | 3 | 0 | Planejada | 30 | 1 |
| 11 | 11 | 0 | 0,9 | 2 | Planejada | 34 | 2 |
| 12 | 12 | 0 | 1 | 0 | Planejada | 36.9 | 2 |

Logo, os agrupamentos serão formados da seguinte maneira:

Agrupamento 1 – operações { 1,3,4,7,9}

Tempo total de duração = 15.

Agrupamento 2 – operações{2,5}

Tempo Total de duração = 4.

Agrupamento 3 – operações {6,8,10}

Tempo Total de duração = 7.

Agrupamento 4 – operações {11,12}

- Tempo Total de duração = 1,9.
- Tempo total de preparação antes do agrupamento = 15,6 horas.
- Tempo total de preparação após o agrupamento = 7 horas.
- Percentual de redução de setup = 55,13%.

Características das operações do CT2

| Operação | Seqüência | Data Mínima | Tempo Duração | Tempo Preparação | Status | Data Início | Critério Ferramental |
|----------|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------|-------------|----------------------|
| 1 | 1 | 0 | 3 | 5 | Firme | 0 | 1 |
| 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | Firme | 8 | 1 |
| 3 | 5 | 0 | 1 | 0 | Firme | 9 | 1 |
| 4 | 7 | 6 | 1 | 0 | Firme | 10 | 1 |
| 5 | 4 | 10 | 1 | 0 | Firme | 11 | 1 |
| 6 | 2 | 0 | 4 | 1 | Firme | 12 | 2 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 0 | Firme | 17 | 2 |
| 8 | 8 | 7 | 1 | 0 | Planejada | 21 | 2 |
| 9 | 9 | 8 | 2 | 1.1 | Planejada | 22 | 0 |
| 10 | 10 | 0 | 3.6 | 0.5 | Planejada | 25.1 | 0 |
| 11 | 11 | 0 | 1 | 1 | Planejada | 29.2 | 2 |
| 12 | 14 | 11 | 3 | 0 | Planejada | 31.2 | 2 |
| 13 | 12 | 0 | 2 | 2 | Planejada | 34.2 | 1 |
| 14 | 13 | 10 | 1 | 1 | Planejada | 38.2 | 0 |

Agrupamento 1 – operações { 1,3,5,7,4}

Tempo total de duração = 12.

Agrupamento 2 – operações{2,6,8}

Tempo Total de duração = 9.

Agrupamento 3 – operações {9,10}

Tempo Total de duração = 6.1.

Agrupamento 4 – operações {11,14}

Tempo Total de duração = 4.

Agrupamento 5 – operação {12}

Tempo total de duração = 2.

agrupamento 6 – operação {13}

controle

- Tempo total de duração = 1.
- Tempo total de preparação antes do agrupamento = 29,6 horas.
- Tempo total de preparação após o agrupamento = 11,6 horas.
- Percentual de redução de setup = 60,81%.

Considerando os dois centros de trabalho com o agrupamento teremos uma redução de setup de:

- Tempo total de preparação antes do agrupamento = $15,6 + 29,6 = 45,2$ horas.
- Tempo total de preparação após o agrupamento = $7 + 11,6 = 18,6$ horas.
- Percentual de redução de setup = 58,84%.

As estatísticas da otimização de setup, podem ser consultadas na [Otimização de Setup \(DB0201C\)](#).

Com a aplicação da otimização de setup (agrupamento), estaremos reduzindo o tempo de uso do RRC, ou seja, maximizando seu uso.

Macro desconhecida: 'rate'

[documento_de_referencia](#) [p12](#) [versao_12](#) [manufatura](#) [mdb](#)
[totvs_aps](#) [painel_de_controle](#) [calculo_exploracao_do_rrc](#)
[dbapi005](#)



[Política de
privacidade](#)

[Termos
de uso](#)