

# OTIMIZAÇÃO DO SEQUENCIAMENTO DO LTQ DA ARCELORMITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

Jovanir Francisqueto<sup>2</sup>  
José Fabiano Martins Assunção<sup>3</sup>  
Pierre Beghin<sup>4</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi otimizar o uso do software de sequenciamento da produção do LTQ para melhorar os indicadores de produtividade, de custos e de atendimento ao cliente no LTQ. Foi utilizada a metodologia DMAIC e obteve-se como principais resultados: redução do risco de sucata, redução do índice de alteração de instruções, priorização da data de entrega, aumento da produtividade dos seqüenciadores de turno, entre outros.

**Palavras-chave:** Otimização; Sequenciamento; LTQ.

## ARCELORMITTAL TUBARÃO HSM SCHEDULE OPTIMIZATION

### Abstract:

The target of this project was optimize the HSM schedule software use to improve the productivity, costs and customer service index's. The DMAIC methodology was used and the main results were: scrap risks decrease, change instructions decrease, due date prioritization, shift sequencers productivity increase, etc.

**Key words:** Optimization, Schedule, Hot strip mill.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia de Produção, ArcelorMittal Tubarão.

<sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, ArcelorMittal Tubarão.

<sup>4</sup> Engenheiro Industrial, AISystems.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação do Trabalho

A ArcelorMittal Tubarão (antiga CST) é uma usina siderúrgica integrada que produz placas e bobinas de aço de alto valor agregado sendo um dos principais fornecedores mundiais destes produtos e compõe o segmento de aços planos do grupo ArcelorMittal no Brasil (Flat Carbon South America). A produção anual da ArcelorMittal Tubarão é de 7,5 milhões de toneladas/ano de aço .

O projeto de otimização do sequenciamento do laminador de tiras a quente (LTQ) foi coordenado pela área de planejamento e controle da produção, envolvendo as áreas operacionais de programação e unidade técnica do LTQ.

### 1.2 Objetivo

#### 1.2.1 Objetivos

O objetivo do projeto é automatizar a formação da instrução de laminação atendendo aos seguintes requisitos:

- respeitar as regras, restrições técnicas e práticas de laminação;
- reduzir o tempo necessário para formação das instruções visando atendimento das 4Mta.
- respeitar as datas de laminação requeridas;
- respeitar as restrições de fluxo de produção;
- respeitar restrições de prioridades, metas de produção, tipos de materiais permitidos em cada chance; e
- auxiliar na tomada de decisão do sequenciador na identificação de itens críticos.

### 1.3 Revisão da Literatura

#### 1.3.1 Conceitos gerais de planejamento e controle da produção

Cabe ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) o gerenciamento de conflitos entre vendas e produção, determinando os volumes a serem vendidos e produzidos, os prazos de entrega, as prioridades de produção, os níveis de estoques, etc de forma a garantir baixos custos, elevadas produtividades e índice de funcionamento das áreas produtivas com a garantia de atendimento aos compromissos assumidos com os clientes referentes a volumes e prazos de entrega, isso tudo com baixos níveis de estoques.

“O propósito do planejamento e controle é garantir que os processos de produção ocorram eficaz e eficientemente e que produzam produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores” .<sup>(1)</sup>

O planejamento e controle da produção é dividido basicamente em três segmentos, podendo ser planejamento de longo prazo, de médio prazo e de curto prazo.

O planejamento de longo prazo deve conter os objetivos gerais da organização e suas metas para os próximos 2 a 10 anos e leva em conta a capacidade da empresa, assim como o cenário econômico e político.<sup>(2)</sup>

Já o planejamento de médio prazo pode ser subdividido de acordo com os itens abaixo:

- planejamento agregado da produção: planejamento de produção mensal I para os principais produtos ou áreas produtivas, de forma a procurar minimizar custos de produção, níveis de estoque e atender à demanda;
- planejamento mestre da produção (PMP): O PMP depende do plano de produto, de mercado e de recursos e gera para a operação a quantidade e os dados dos produtos finais individuais. É realizado para um período de 6 a 8 semanas; e
- planejamento de curto prazo: Realizado através da programação detalhada de quando cada operação deve ser executada em cada centro de trabalho e quanto tempo levará para ser processada, e, por fim, o controle das atividades de produção, que é o refinamento diário da programação, pois envolve a programação e o controle das atividades do dia-a-dia no chão de fábrica.

### **1.3.2 Sequenciamento da produção**

“O sequenciamento é uma técnica de planejamento a curto prazo de trabalhos reais a serem operados em cada centro de trabalho com base na capacidade e nas prioridades. Prioridades, neste caso é a seqüência em que os trabalhos devem ser operados num centro de trabalho”.<sup>(3)</sup>

O sequenciamento da produção se refere as atividades de planejamento mais próximas da operação, onde são efetuadas alterações em função de problemas operacionais, prioridades surgidas de última hora ou quaisquer outras ocorrências que não foram anteriormente planejadas e deve seguir algumas regras de modo a maximizar os resultados, sendo que, na maioria dos casos, é impossível satisfazer todos os objetivos ao mesmo tempo.

### **1.4 BetaPlanner (Otimizador/software especialista)**

O BetaPlanner é um sistema especialista de suporte de decisão da programação do laminador de Tiras a Quente que elabora e otimiza uma lista ordenada de placas a serem de laminadas. O sistema monta seqüências de placas, totalmente editáveis e customizadas, com base em restrições multi-critérios (Serviço, Processo e Fluxo) pré-definidas em sua configuração, possibilitando ao sequenciador a decisão final na avaliação da seqüência.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Funcionamento do BetaPlanner (Otimizador/Software Especialista)**

O BetaPlanner comporta um “modelo” interno (serviço, processo e fluxo) , que possui uma representação simplificada da problemática de laminação para fins de programação da produção.<sup>(4)</sup>

A configuração do sistema e a sua manutenção visam adequar o modelo a realidade da problemática do programador. O modelo utiliza um sistema de *scores* que atribui a cada material um bônus ou uma penalidade, baseado em critérios de seleção e/ou restrição da instrução de laminação escolhida.

A Figura 1, apresenta o espaço de solução que o sistema trabalha, equilibrando/ponderando critérios de restrição e direcionamento da instrução automática, tais como data-limite de entrega do material, movimentação do pátio dentre outras.

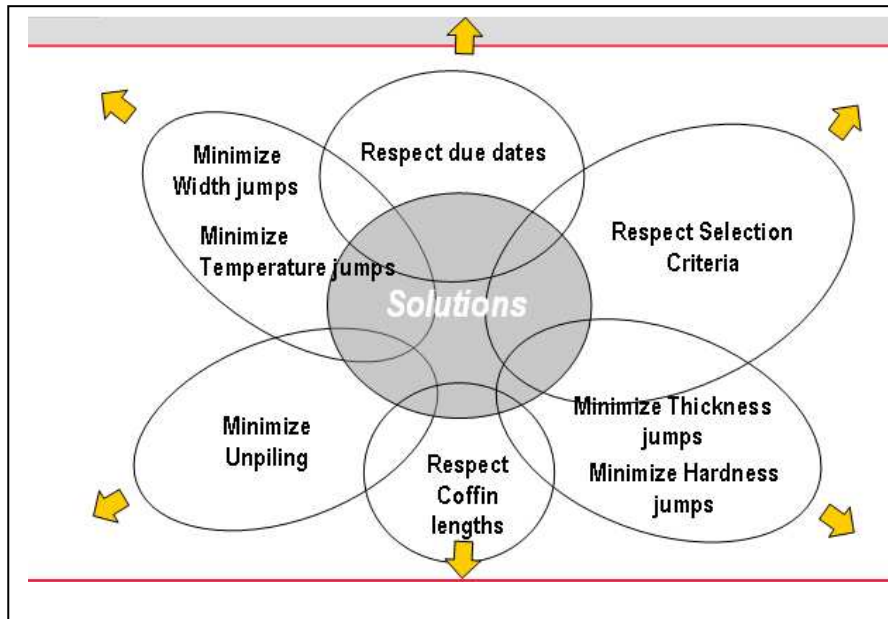


Figura 1. Espaço de solução.<sup>(4)</sup>

## 2.2 O Sequenciamento do LTQ da ArcelorMittal Tubarão

A área de Programação e Controle da Produção é a responsável pelo sequenciamento do LTQ, além de outros equipamentos da empresa. A área é uma seção do Órgão de Planejamento e Controle da Produção que possui ainda duas outras seções, sendo: Área de Planejamento da Produção, responsável pelo planejamento de longo e médio prazo, aceite, acompanhamento de pedidos e controle de estoques e Área de Técnicas de Gestão da Produção, responsável pelo desenvolvimento e manutenção dos processos, técnicas e sistemas de planejamento, programação e controle da produção e qualidade, desde a entrada de pedidos até o despacho de produtos.<sup>(5)</sup>

O sequenciamento do LTQ é formado por uma equipe de um Analista de Controle da Produção, que coordena tecnicamente o sequenciamento e é responsável pelo processo de sequenciamento, um Técnico de Programação da Produção, que trabalha em horário administrativo e gera as prioridades de produção, negocia com as áreas afins as restrições diárias de sequenciamento, a liberação de materiais para o sequenciamento, dentre outros e quatro Técnicos de Programação da Produção que trabalham em regime de revezamento de turno, operando o sistema de sequenciamento e liberando as instruções para a produção.

Os Técnicos de Programação da Produção são os responsáveis pela configuração individual das instruções, porém a configuração e parametrização do sistema de sequenciamento de acordo com as regras definidas em padrões técnicos são de responsabilidade do Especialista de PCP da Área de Técnicas de Gestão da Produção.

## 2.3 DMAIC

Método de análise e solução de problemas, constituído de um conjunto de etapas bem definidas – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar – ao longo dos quais se aplica um conjunto de ferramentas estatísticas, que buscam estabelecer uma sistemática de realizar melhoria contínua de forma objetiva, visando atingir melhor qualidade, maior produtividade e lucratividade.



O DMAIC é um dos elementos do seis-sigma e é a constituição de equipes de execução de projetos para contribuir com o alcance de metas estratégicas das empresas e é constituído das etapas:<sup>(6)</sup>

D- Definir: Definição com precisão do escopo do projeto

M- Medir: Determinar a localização ou foco do problema

A- Analisar: Determinar as causas de cada problema prioritário

I- (Improve – Melhorar): Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário

C- Controlar: Garantir que o alcance das meta seja mantido a longo prazo.

## 2.4 Descrição do Projeto

### 2.4.1 Define

Com a implantação do 2º forno de reaquecimento de placas e a conseqüente expansão da produção do LTQ para 4,0Mt/a, surgiu uma demanda para a área de programação e controle da produção de forma a garantir a liberação de instruções de laminação com no mínimo 4 horas de antecedência, cumprindo as regras definidas em padrões técnicos e visando a programação de clientes prioritários e o conseqüente atendimento aos prazos limites de laminação para todos os clientes.

Desta forma, após levantamento feito junto aos seqüenciadores do LTQ e após a elaboração de uma árvore de falha com os possíveis riscos à expansão do LTQ, levantou-se os seguintes problemas que poderiam impactar na meta de expansão para 4,0 Mt:

- há deficiência nas regras, procedimentos e sistemas de programação do LTQ;
- os seqüenciadores de turno não utilizam as ferramentas de otimização do software de sequenciamento, e procuram fazer isto manualmente, perdendo produtividade e não checando 100% das regras;
- os seqüenciadores de turno, gastam muito tempo para checar manualmente o cumprimento de regras de programação, impactando no tempo de liberação de instrução para o LTQ e aumentando o risco de sucateamento em função do descumprimento de regras; e
- elevado índice de movimentação desnecessária de placas no pátio do LTQ.

### 2.4.2 Measure

Na análise do fenômeno, percebeu-se que o principal problema era a não utilização das potencialidades do software de programação pelos seqüenciadores e assim, foram buscadas respostas para duas principais perguntas:

1 – Porque os seqüenciadores não utilizavam as ferramentas de otimização do software?

Sendo os principais motivos:

- as regras de sequenciamento não estão parametrizadas no software;
- o sistema gera instruções com baixa kilometragem e baixo peso médio; e
- há necessidade de muitas alterações nas instruções geradas automaticamente pelo software, pois o software:
  - sugere muitos saltos de largura e espessura indevidos;
  - prioriza o uso de materiais finos em instrução de materiais grossos; e
  - gera formato inadequado em algumas regiões da instrução.

Quais as regras e porque elas não estavam parametrizadas no software?

Sendo os principais motivos:

- as regras estão descritas no padrão num formato não parametrizável no software;

- não existe equipe especializada na área técnica para alteração da parametrização do sistema e é necessário que o consultor altere as regras (demora no contato, necessidade de disponibilidade do consultor)
- não há critérios que definem o fluxo para alteração e parametrização de regras

### 2.4.3 Analyse

Após a identificação de quais regras não eram parametrizadas e dos principais motivos da não utilização do otimizador do software, levantou-se, através do diagrama de causa e efeito (Figura 2), as causas básicas geradoras dos problemas levantados.

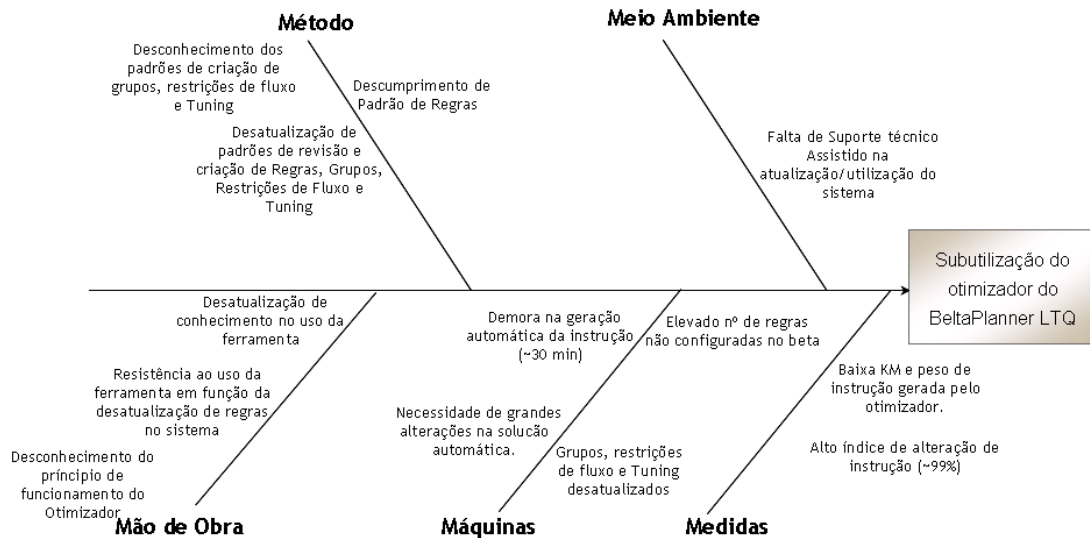


Figura 2. Diagrama de causa e efeito com as causas prioritárias.

### 2.4.4 Improve

Nesta etapa do trabalho, foi determinado o plano de ação, com os respectivos responsáveis e prazos para o bloqueio das causas básicas identificadas na etapa anterior, sendo definido as atividades conforme a Figura 3.

TMP - Divisão de Planejamento e Controle da Produção				Data da Revisão:	30/09/2009		Origem do Projeto:	Orientações Estratégicas											
PROJETO: Desenvolvimento de grupos, restrições de fluxo e tuning no BeltaPlanner LTQ.				%	Atingido	%	Não atingido	X											
Objetivo: Permitir a utilização do otimizador do BetaPlanner pelos sequenciadores no turno				OBJETIVO ESTRATÉGICO BSC - AM: Ter excelência operacional e na cadeia de valor através de desenvolvimento tecnológico															
Responsável: Jovanir / Fabiano				OBJETIVO ESTRATÉGICO BSC - TDM: Adequar tecnologia ao novo perfil produtivo da empresa															
PD CA	Nun	ATIVIDADES	Responsável	Prazo	2009												Observações		
					MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N		D	
					Prev	0	0	0	0	29	57	86	90	95	100	100	100	100	100
					Real					32	64	96	97	99					
P	1	Realizar programação assistida do LTQ com os sequenciadores no Centro de Controle	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					x	x	x							
					R					34	67	100							
A	1.1	Realização de análise detalhada das instruções automáticas para os sequenciadores	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					y	y	y							
					R					100	100	100							
A	1.2	Apresentação dos mecanismos de funcionamento do otimizador	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					y	y	y							
					R					100	100	100							
A	1.3	Esclarecimento sobre a escolha de material no páio em função do número elevado de regras	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					y	y	y							
					R					100	100	100							
A	1.4	Esclarecimento sobre a impossibilidade de checagem manual de 100% das regras contidas no padrão	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					y	y	y							
					R					100	100	100							
A	2	Atualização dos Grupos, Restrições de Fluxo e Tuning com as discussões da análise das soluções.	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					x	x	x							
					R					34	67	100							
A	3	Ocultar/Proteger Grupos presentes em Regras do negócio.	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					x	x	x							
					R					34	67	100							
A	4	Reuniões de acompanhamento semanal (Especialistas) e Quinzenal (Gerentes)	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					x	x	x							
					R					34	67	100							
A	5	Revisão conjunta TMP/TMPC dos Padrões de Critérios para revisões/criações de Regras, Grupos, Restrições de Fluxo e Tuning.	Jovanir/Fabiano	31/07/2009	P					x	x	x							
					R					34	67	100							
A	6	Realizar Gestão de materiais atrasados no páio do LTQ	Jovanir/Fabiano	31/10/2009	P					x	x	x	x	x	x				
					R					29	57	86	90	90					Ação realizada em conjunto com a TMPC

Figura 3. Cronograma do plano de ação.



### 3 RESULTADOS

Os resultados alcançados no projeto referem-se à etapa control do DMAIC e são listados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados do projeto e benefícios.

Parâmetro	O que foi alterado	Benefício Alcançado
Kilometragem	1 - Criação de Km mínima e ponderada máxima até zona de reoxidação (em cada zona) 2 – Revisão das zonas de flexibilização	Maior aproveitamento das zonas da instrução e aumento da Km total da instrução.
Salto de espessura e largura	1 - Criação de Campos na tabela para saltos Espessura SUBINDO, para saltos onde ocorre alteração de classe de resistência 2 - Definição de todas as situações de salto, nas Tabelas Abrindo e Fechando largura, não contempladas	Redução do risco de sucata em função de salto indevido (esta atividade era exercida manualmente pelo seqüenciador de turno)
Conceito de mesma largura	Definição do salto máximo de largura permitido	Redução do risco de desclassificação de bobina.
Alterações nas instruções	1 - Configuração da Instrução grossa para permitir <u>somente</u> materiais acima de 6mm, após a região de Abertura 2 - Eliminação de regras antagônicas na região de abertura. 3 - Criação de agrupamento mínimo para placas finas.	1 – Melhoria no perfil da instrução e maior utilização de material “grosso”, aumentando produtividade do laminador. 2 – Racionalização das regras (que anteriormente eram confusas e causavam dúvidas para os seqüenciadores de turno) 3 – Melhoria no perfil da instrução melhorando a produtividade e estabilidade do laminador.
Alterações na parametrização do sistema	1 – Aumento do tuning para Due-date 2 - Redução da variação de largura na região Início e abertura, através do aumento no Tuning (Abrindo Largura); 3 - Retirada a restrição para materiais utilizados na zona de reoxidação, ampliando faixa de seleção. 4 - Redução do Tuning de Desempilhamento, permitindo maior seleção de placas nas instruções. 5 - Limitação de uso de material início e abertura. 6 - Criação de restrição de fluxo para programação mínima de material com rota LA. 7 - Exclusão de grupos antigos; 8 - Aumento Penalidade Coffin Group Constraints para garantir agrupamento mínimo de Material Crítico; 9 - Criação de Categorias para controle de Material sem Data Limite de Laminação	1 – Melhoria no OTIF 2 – Melhoria no perfil da instrução, melhorando estabilidade do laminador 3 – Aumento da Km máxima da instrução. 4 – Aumento da Km máxima da instrução e melhoria do OTIF. 5 – Possibilidade de redução de estoque deste tipo de material (no pátio de placas) pois o sistema não “queima” material. 6 – Melhora no balanceamento de capacidade das LA's e redução do estoque de bobinas em processo. 7 – Aumento da Km máxima da instrução. 8 – Redução do risco de sucata e aumento da estabilidade do laminador. 9 – Melhoria do OTIF, redução de estoque.
Treinamento	1 - Elaboração de Tutorial para utilização do Otimizador 2 - Treinamento dos seqüenciadores na utilização da ferramenta, eliminando dúvidas e esclarecendo as soluções propostas pelo sistema.	Melhoria na estabilidade do processo de sequenciamento, aumento da Km máxima das instruções, melhoria do OTIF, melhoria na produtividade do seqüenciador, entre outros.

## 5 CONCLUSÃO

Através dos resultados alcançados após a finalização do projeto, conclui-se que a utilização da metodologia de análise e solução de problemas utilizada se mostrou eficaz, sendo que estes resultados somente foram possíveis em função da determinação de ações integradas entre as áreas de desenvolvimento de técnicas de gestão da produção, de programação da produção, unidade técnica do LTQ e fornecedor do software.

Mostrou também a importância da existência de uma área especializada e focada na otimização dos processos e sistemas de programação da produção, assim como na necessidade de proximidade desta área com as áreas usuárias do sistema, evidenciando a necessidade de constante discussão das regras e práticas de programação da produção, da necessidade da manutenção dos padrões técnicos atualizados e em consonância com os sistemas informatizados de apoio a produção. Após o término do projeto levantou-se ainda os próximos passos para continuidade das melhorias no processo de sequenciamento do LTQ, sendo os principais:

- atualização e flexibilização das regras de sequenciamento do LTQ;
- criação de cronograma de reciclagem dos seqüenciadores no software de sequenciamento; e
- atualização do software e padrões de sequenciamento da aciaria para futura viabilização de programação integrada das áreas.

## Agradecimentos

Às gerências do DT e TDM.

Ao Sr. Ivo Novaes Abraão, gerente da área de técnicas de gestão da produção.

Ao pessoal do sequenciamento de turno e da área de programação da produção.

Ao Pierre Beghin e Henrique Carneiro da AISystems.

Às nossas famílias e companheiros da TMP.

## REFERÊNCIAS

- 1 SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 2002.
- 2 DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B, **Fundamentals of Operations Management**, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 2003.
- 3 ARNOLD, J.R. Tony. **Administração de materiais**: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1999.
- 4 ABRAÃO, IVO NOVAES; BEGHIN, PIERRE; COELHO, EDUARDO AUGUSTO. **Planejamento semanal do laminador de tiras a quente da CST**. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO, PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 41., 2004, Joinville. São Paulo: ABM, 2004.
- 5 FRANCISQUETO, Jovanir; SOUZA, Marco Antônio Dias de; SEVERIANO FILHO, Cosmo. **Planejamento, programação e controle da produção: funções e Sistemas – Caso da CST Arcelor Brasil**. In.: ENCONTRO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27, 2007. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007.
- 6 WERKEMA, MARIA CRISTINA CATARINO. **Criando a cultura seis sigma** – Nova Lima, MG: Werkema Ed., 2004.