

## IDENTIFICAÇÃO DE TIPOS DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

## IDENTIFICATION OF QUALITY CONTROL TYPES APPLIED IN MASS CUSTOMIZATION

Gabriel Vidor\* Email: [gvidor@producao.ufrgs.br](mailto:gvidor@producao.ufrgs.br)

Flávio Sanson Fogliatto\* Email: [ffogliatto@producao.ufrgs.br](mailto:ffogliatto@producao.ufrgs.br)

\*Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS

**Resumo:** A utilização de controle de qualidade (CQ) em produtos e serviços obtidos por processos de customização em massa (CM) é uma questão que tem despertado contínuo interesse da academia e das organizações, dada a sua relevância e aplicabilidade. Este artigo tem como objetivo identificar os tipos de CQ aplicados a CM, a fim de formalizá-los através de uma pesquisa científica. Para tanto, foi realizada uma análise qualitativa, através de entrevistas que constituem seis casos de análise. As organizações entrevistadas são das áreas de manufatura e serviço, abrangendo ramos como autopeças e fornecimento de energia elétrica. As análises são organizadas através de comparação teórica, comparação externa e ordenação por consenso. O resultados mostram que o CQ de produtos e serviços customizados depende da estrutura de produto da empresa.

**Palavras-chave:** Customização em massa. Controle de qualidade. Estrutura de produtos. Estratégia. Organização

**Abstract:** The uses of quality control (QC) in products and services obtained through mass customization (MC) is an open research topic, attracting interest from researchers and practitioners due to its relevance and applicability. In this paper we identify QC types applied in MC to formalize them through scientific research. For that we performed a qualitative research carried out through interviews in six companies from the manufacturing and service areas, covering sectors such as automakers and electric energy suppliers. The analyses are organized through theoretical comparison, external comparison and ordering by consensus. It was found that the QC adopted by a company in mass customized products and services depends on the product structure.

**Keywords:** Mass customization. Quality control. Product structure. Strategy. Organization.

## 1 INTRODUÇÃO

As organizações necessitam de algum tipo de estratégia para competir no mercado (GAITHER e FRAIZER, 2002), sendo que essa estratégia define a caracterização da organização em termos de sistemas e processos adotados (PAIVA et

al., 2004). Os processos são tradicionalmente classificados quanto a sua variedade e seu volume (MOREIRA, 2008) nos tipos contínuo, linha, batelada, *job* e projeto. A literatura, através de Garvin (1993), mostra que essa classificação prioriza aspectos estratégicos de custo, qualidade, flexibilidade, serviços e entrega.

Os processos do tipo contínuo atendem essencialmente as prioridades de custo e qualidade, podendo também estar associados à prioridade de entrega. Os processos do tipo linha e batelada contemplam uma variedade de produtos maior do que os processos contínuos, mas atendem às mesmas prioridades. Os processos por projetos focam no atendimento de itens específicos e customizados, enquanto que processos *job* são voltados à fabricação de itens genéricos para atender a demandas específicas associadas à customização.

A adoção de um dado tipo de processo depende da forma como a empresa trata as prioridades estratégicas de seu sistema produtivo. A interpretação dessas prioridades é definida pela estratégia de produção (CHASE *et al.*, 2006). A estratégia de produção constitui-se do conjunto de objetivos, planos, programas e ações relacionados às prioridades competitivas, sendo influenciada pelo custo, diferenciação e foco (CERRA e BONADIO, 2000). Esse conceito permite classificar as estratégias de produção em: (i) Produção em Massa (ou *Mass Production*), (ii) Produção Enxuta (ou *Lean Production*), (iii) Customização em Massa (ou *Mass Customization*), e (iv) Manufatura Especializada (ou *Expert Manufacturing*).

Em especial a CM, nos últimos anos, tem despertado interesse na academia e no meio empresarial devido a sua aplicabilidade em ambientes que demandam alta variedade, mantendo entretanto ganho de escala característico da produção em massa. O interesse deve-se aos elementos que circundam a CM, mas que não estão formalizados cientificamente, como, por exemplo, a aferição de custos, os tipos de interação com o cliente, o controle de qualidade (CQ) e o planejamento e controle da produção.

A grande dificuldade apontada na literatura para formalizar os modelos para CM decorre da complexidade envolvida em suas definições. Tais modelos devem considerar como é realizada a CM nos diversos níveis (i) da organização (DURAY,

2002), (ii) de interação da companhia com o cliente (PAN e HOLLAND, 2006), (iii) de segmentação de mercado (BARDAKCI e WHITELOCK, 2005) e (iv) de customização (SILVEIRA et al., 2001).

A literatura apresenta estudos onde tais elementos são abordados. O tratamento do planejamento e controle da produção (PCP) na CM é apresentado por Zhang e Chen (2006), Tseng e Radke (2010) e Lee e Dai (2010). A análise de segmento de mercado para planejamento da estrutura de produtos é desenvolvida nos estudos de Spring e Araujo (2009). Kaplan (2010) aborda o envolvimento do cliente no desenvolvimento de produtos. A gestão da cadeia de suprimentos é tratada por Bardakci e Whitelock (2003) e Abdelkafi et al. (2010) através de um modelo que analisa desde a escolha de fornecedores até a customização da entrega final.

Todavia, a literatura não traz estudos sobre a aplicação de CQ em customização. Dessa forma, uma das contribuições deste trabalho está em investigar o estado da prática do CQ em empresas que adotaram a CM. Decorrente dessa investigação pretende-se determinar os tipos de CQ mais adequados à estratégia de customização.

Contudo, anteriormente a essa determinação, faz-se necessária uma construção teórica para classificar as empresas que praticam a CM e assim definir os tipos de controle de qualidade. Uma alternativa seria usar o modelo de classificação de produtos de Duray (2010) para posicionar os produtos quanto ao tipo de CQ em função da modularidade. Todavia, o modelo é limitado dado que pressupõe produtos com estruturas modulares. A alternativa conceitual tratada no presente trabalho é utilizar níveis de customização, o que generaliza a solução de Duray (2010) para todos os tipos de produtos e serviços.

Dada essa solução conceitual, o objetivo do presente artigo é identificar os tipos de controle de qualidade aplicados em CM, formalizando-os através de uma pesquisa científica. Para tanto foi realizado um estudo de caso múltiplo com seis empresas que praticam customização, sendo a coleta de dados realizada através de entrevista estruturada. Na sequência, foi realizada uma comparação teórica entre o modelo construído e os estudos de caso realizados, uma ordenação por consenso das características das empresas que praticam customização e uma comparação externa

das informações obtidas nas respostas. As demais análises facilitaram a interpretação e definição de práticas gerenciais associadas aos tipos de CQ que podem ser usados em produtos e serviços customizados.

Para atingir seu objetivo, este artigo está dividido em 5 seções. Além da introdução abordada na seção 1, a seção 2 apresenta o referencial teórico, contemplando níveis de customização e posicionamento de produtos frente a sua modularidade. Na seção 3 é apresentada a metodologia. Na seção 4 é aborda-se o estudo aplicado, dividido em descrição e análise dos dados. Finalmente, a seção 5 apresenta as conclusões.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção são discutidos os elementos essenciais para a construção do presente trabalho de pesquisa. A abordagem inicial, sobre níveis de customização, contextualiza a posterior discussão sobre como a estrutura de produto é influenciada pelo estágio de customização adotado nas organizações.

Os níveis de customização podem ser classificados quanto ao envolvimento do cliente (PAN e HOLLAND, 2006) e quanto ao produto e ao processo (SILVEIRA *et al.*, 2001).

Pan e Holland (2006) definem seis níveis de customização em função da relação do cliente com o processo. Os níveis, em grau crescente de customização, são: captação do cliente, alteração, superficialidade, transparência, adaptação e colaboração. Tais níveis são apresentados na sequência.

O primeiro nível, de captação do cliente, consiste em entender o mercado e repensar o sistema de manufatura, permitindo que os clientes encontrem o que querem através de uma ampla oferta de produtos. O segundo nível, de alteração, pressupõe que os funcionários da empresa aprendam sobre customização e a pratiquem como diferencial para os clientes. Duray (2002) ressalta ser especialmente crítica a transição para esse nível, haja vista a complexidade da mudança de cultura. O terceiro nível, de superficialidade, é o nível em que a cadeia de suprimento é envolvida, com a mudança

nos sistemas de distribuição e entrega de itens para o cliente final. No nível posterior, de transparência, proporcionam-se aos clientes produtos únicos sem necessariamente fazer customização explícita. Como definem Ni *et al.* (2008), este é o nível de modularização, com a customização das partes. No quinto nível, de adaptação, clientes começam a se envolver no desenvolvimento do projeto adicionando informações à manufatura e pós-vendas (customização do serviço associado ao produto). Por fim, no último nível, de colaboração, os clientes são desenvolvedores do projeto do produto e/ou serviço, inclusive com interações computacionais em um espaço de soluções e, através dessas interações, caracterizando o produto e/ou serviço. Fiori (2000) define esse nível como o mais alto de CM, pois permite que o cliente seja parte integrante do desenvolvimento que irá usufruir.

Silveira et al. (2001), após extensa revisão da literatura, identificaram oito níveis de customização para produtos e processos. Esses níveis apresentam a seguinte ordem decrescente: projeto, fabricação, montagem, adição de trabalho customizado, adição de serviços, embalagem e distribuição, uso e padronização.

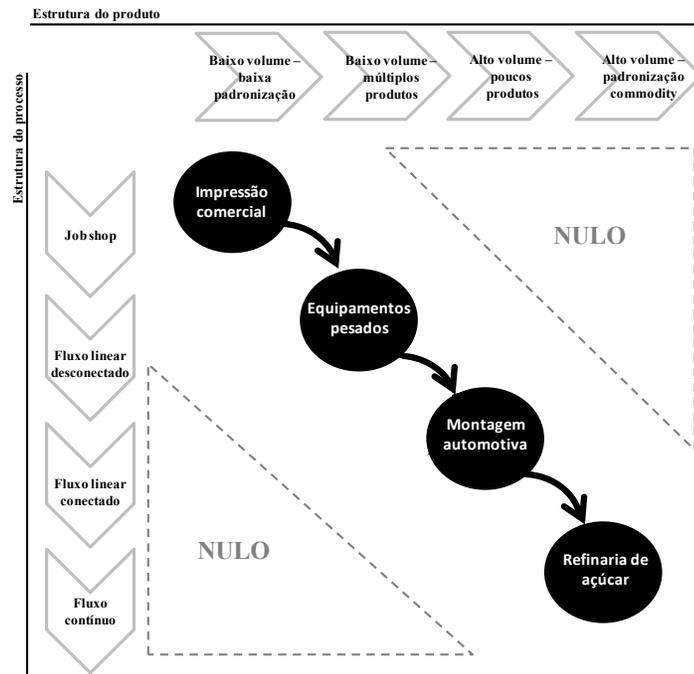
O nível de projeto é o nível de desenvolvimento colaborativo de projeto, manufatura e entrega de produtos de acordo com as necessidades preferenciais do cliente. O nível de fabricação refere-se à fabricação de produtos adaptados ao cliente, a partir de projetos iniciais. No nível de montagem, ofertam-se produtos através de arranjos modulares de acordo com diferentes demandas do cliente. Os níveis de adição de trabalho e serviço são obtidos com a complementação de trabalho em produtos padronizados, que ocorre anteriormente a entrega para cliente. O nível de embalagem e distribuição é obtido com a diferenciação de produtos similares através da adequação de embalagens e caminhos de entrega pelo tipo de mercado consumidor. O nível de uso ocorre quando o produto é aplicado diferentemente pelos clientes finais, ou seja, quando há uma adaptação do produto. Finalmente tem-se a padronização, prática conhecida e usada em muitas organizações.

A análise dessas duas propostas de estratificação do grau de customização em produtos e serviços mostra que existe uma convergência, independentemente da visão escolhida. Os níveis de colaboração e adaptação são similares aos níveis de projeto e

fabricação; logo, neste caso, pode-se estabelecer o nível de projeto e processo como o nível mais alto de customização. Em um patamar médio-alto poderiam ser agrupados os níveis de montagem e transparência. O mais adequado seria nomear tal nível como de montagem, termo mais conhecido do que transparência. Em um patamar médio-baixo poderiam ser incluídos os níveis de adição de trabalho e serviço, embalagem e distribuição e superficialidade, passando este nível a ser denominado *postponement*. Por fim, o patamar mais baixo seria nomeado de adaptação e cosmético, onde os níveis de alteração e uso estariam contemplados. Os níveis de padronização e captação não fazem parte dos patamares definidos, dado que são elementos associados à PM e não à CM.

Resumidamente, os níveis de customização poderiam ser classificados em (i) alto – projeto e processo, (ii) médio-alto – montagem, (iii) médio-baixo – *postponement*, e (iv) baixo – adaptação e cosmético. A definição desses níveis é importante, já que permite modificar as relações entre volume e variedade atendendo a estratégia de CM. Na CM, a estratégia é produzir lotes unitários (ou muito pequenos) a custos de PM, sistema este que beneficia-se de ganhos de escala (DAVIS, 1989). Entretanto, na matriz que classifica processos conforme o volume e a variedade do que é produzido (DURAY, 2010), não há processos que combinem volume alto de produção e alta variedade, como mostra a Figura 1.

**Figura 1** – Matriz de classificação de processos segundo variedade e volume

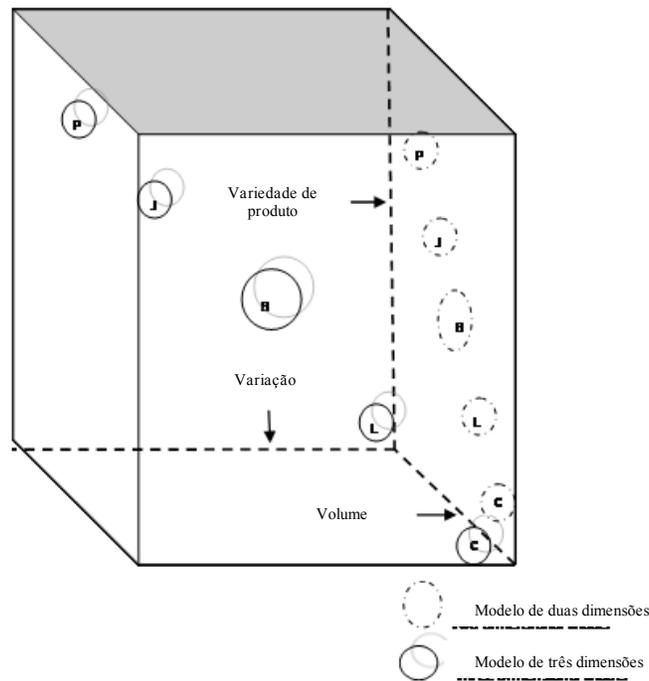


**Fonte:** Elaborado pelos autores

É possível observar que altos volumes estão associados a itens padronizados, normalmente produzidos em fluxo contínuo; baixos volumes, por sua vez, são atendidos por processos *job shop*. Na diagonal principal da matriz da Figura 1 tem-se exemplos de processos, que indicam diferentes combinações entre volume e variedade oferecida.

Para acomodar a estratégia de CM, outras variáveis podem integrar a matriz clássica de Clark e Wheelwright (1993) além de variedade e volume, sendo os processos reposicionados em função dessas novas variáveis. Duray (2010) apresenta um modelo onde uma terceira dimensão, caracterizada pelo eixo variação, é acrescentada à matriz de posicionamento, como se visualiza na Figura 2. Os espaços anteriormente vazios da matriz bidimensional passam a ser preenchidos em função do *nível de modularidade* de um determinado produto a ser gerado pelo processo. Assim, a combinação de processos conhecidos ou mesmo a criação de novos tipos de processos passa a ser demandada, a fim de atender aos requisitos de customização.

**Figura 2** – Cubo de posicionamento de produtos em função da modularidade

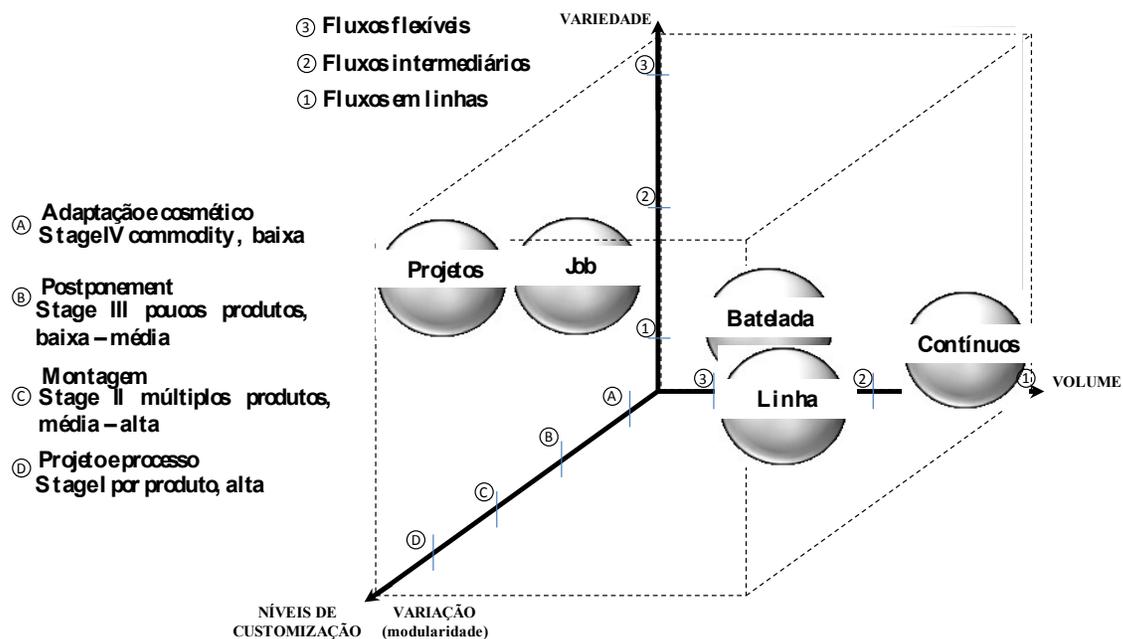


**Fonte:** Duray ( 2010)

Entretanto, a análise do *nível de modularidade* é aplicável somente quando a estrutura de produtos está organizada em agrupamentos modulares, o que em serviços e alguns tipos de sistemas de manufatura (por exemplo, na fabricação de pastilhas de freio) não representa a realidade. Sabendo-se, portanto, que os tipos de processos associados a CM são caracterizados por uma terceira variável e que esta não é necessariamente a modularidade dos produtos, propõe-se introduzir no modelo de Duray (2010) a variável *nível de customização*, que equivale à dimensão variação proposta por Duray (2010) e que oferece maior flexibilidade em termos de classificação de processos.

O modelo onde nível de customização é associado à variação está apresentado na Figura 3. Na figura é possível observar que existe uma relação entre os estágios de modularidade definidos por Duray (2010) e o nível de customização proposto neste artigo.

**Figura 3** – Cubo de posicionamento de produtos em função do nível de customização



Fonte: Elaborado pelos autores

A equivalência é importante, pois permite o enquadramento de todos os tipos de organizações no que tange a sua estratégia de oferta de produtos e serviços. Por exemplo, os produtos fabricados no *stage IV*, se analisados relativamente ao seu nível de customização, se enquadrariam na categoria "adaptação e cosmético", que está diretamente associada a processos contínuos. A projeção bidimensional no espaço mostra que os tipos de processos não atenderiam o nível de customização esperado, porque há um posicionamento apenas em relação a matriz volume × variedade tradicional. Entretanto, quando se posiciona o processo em função do nível de customização, o local ocupado no espaço será outro e, possivelmente, atenderá a estratégia da organização.

A caracterização do tipo de estratégia de produção em função de variedade, volume e nível de customização é importante porque, a partir dessas informações, a empresa pode definir sua estrutura de produtos/serviços. O tipo da estrutura de produtos/serviços determina uma série de elementos de gestão e controle como, por

exemplo, o planejamento e controle da produção, o controle de qualidade e o sistema de custeio.

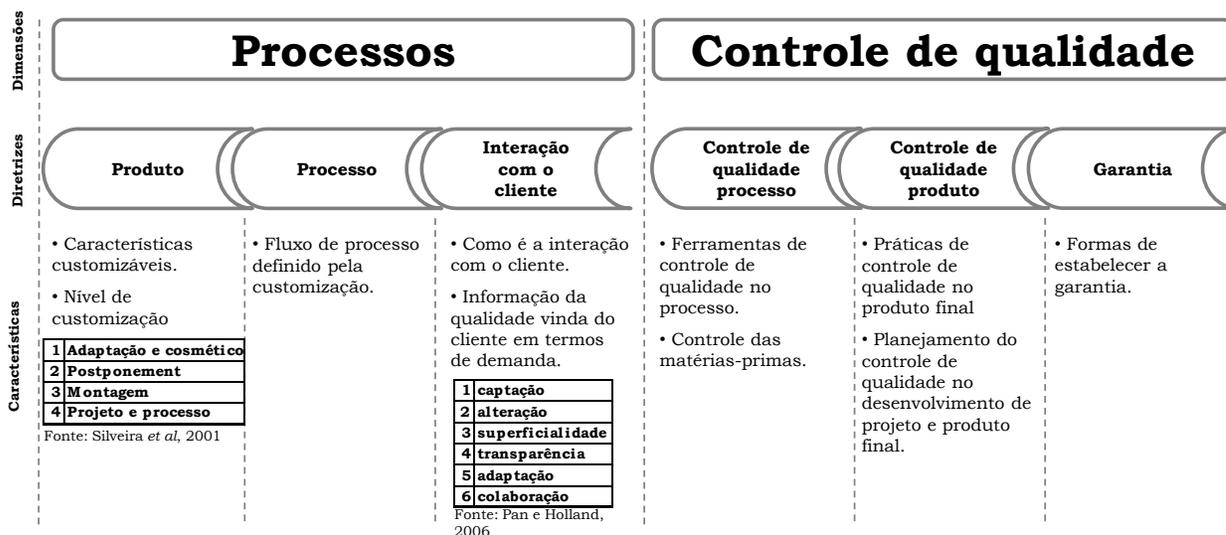
Na sequência, a flexibilidade esperada do modelo da Figura 3 na classificação de empresas em função de variedade, volume e nível de customização será testada através de um estudo de caso múltiplo. Além disso, serão estabelecidas as relações entre o nível de customização apresentado pelas empresas e as práticas de CQ por elas desenvolvidas.

### **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa, na qual se utilizou um estudo de caso múltiplo, estruturado através de entrevistas em empresas que praticam a customização na manufatura de itens e na prestação de serviços. As entrevistas tem por objetivo identificar como a customização dos produtos e serviços afeta o controle de qualidade praticado nas organizações. Dessa forma, a entrevista foi realizada através de questões elaboradas conforme o *framework* teórico apresentado na Figura 4.

As questões foram divididas de acordo com duas dimensões: a primeira associada ao processo (seja a empresa de manufatura ou de prestação de serviço) e a segunda, ao controle de qualidade. As dimensões auxiliam a identificar a posição da empresa entrevistada no cubo apresentado na Figura 3. Complementarmente, as dimensões são divididas em diretrizes, que são meios para a análise e avaliação de um sistema de customização.

**Figura 4** – *Framework* utilizado para desenvolvimento do instrumento da entrevista



**Fonte:** Elaborado pelos autores

A partir das características visualizadas no *framework* foi definido o instrumento de coleta de dados. O instrumento utilizado foi um questionário composto por oito questões abertas. As questões foram divididas da seguinte forma: (a) uma questão introdutória sobre o tema customização; (b) quatro questões de caracterização do ambiente que pratica a customização, enfatizando as relações com fornecedores e clientes, estrutura de produto e nível de customização; (c) duas questões associadas ao tipo de controle de qualidade realizado; e (d) uma questão de fechamento e resumo sobre as informações obtidas anteriormente.

Os dados foram coletados em seis empresas. Foram investigados os ramos de metalurgia, automotivo, redes de distribuição de eletricidade, educação e construção civil (duas empresas), respectivamente, através das empresas GKN Driveline (Porto Alegre), Marcopolo (Caxias do Sul), Rio Grande Energia (Caxias do Sul), Universidade de Passo Fundo (Passo Fundo), Pristine Metal Work (Dongguan, China) e Lottici (Canoas). As perguntas foram respondidas por gerentes intermediários, responsáveis pelas áreas de qualidade, produção, marketing e desenvolvimento de produto. Para facilitar a interpretação, a gravação das entrevistas foi priorizada como forma de coleta.

Em uma das empresas não foi permitida a gravação e optou-se por anotações durante a entrevista e posterior detalhamento através de *e-mails*.

Para a análise, os dados coletados foram tabulados conforme um grupo de oito indicadores classificatórios, apresentados na Tabela 1. A classificação foi utilizada nas comparações teórica e externa e na ordenação por importância de todas as informações.

**Tabela 1** – Indicadores de classificação para análise de entrevistas

n.º	Indicadores de classificação dos dados
1	Prestadores de serviço ou empresas de manufatura
2	Foco no cliente ou foco no produto
3	Nível de customização: baixo, médio-baixo, médio-alto, ou alto
4	Controle de qualidade: atributos ou variáveis
5	Tipo de estratégia de produção: PM, PE, CM, ou ME
6	Estrutura de produto: família, plataforma, módulo, ou por componentes
7	Necessidades de clientes × requisitos funcionais
8	Foco na garantia e/ou foco no controle de qualidade

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Na interpretação dos dados, foi proposta uma definição de tipos de controle de qualidade em função do nível de customização e da estrutura de produto, gerando uma estrutura genérica e independente dos estudos de caso realizados.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Descrição dos dados

Os resultados apresentam os aspectos mais importantes das entrevistas realizadas com as empresas. As respostas estão organizadas resumidamente em cada parágrafo, distribuídos de acordo com as questões realizadas. Uma vez finalizada a apresentação das informações coletadas em cada questão, analisa-se os resultados obtidos através do método proposto.

A questão inicial refere-se a como os clientes informam as suas necessidades de customização. O foco é entender qual o meio utilizado para captar as necessidades de customização do mercado, e qual nível de customização a empresa é capaz de ofertar. As empresas entrevistadas não oferecem ambientes *web* para a customização. A customização por elas oferecida é realizada através de catálogo (Marcopolo, GKN, Lottici), norma do setor (RGE e Lottici), por contato telefônico (RGE, UPF, Pristine e Lottici) feito pelo cliente com o setor de projeto de produto e/ou então por visita ao escritório da empresa (Pristine e Lottici).

A segunda questão refere-se a como os clientes interagem com a organização. O cliente pode variar dos extremos de parceiro no desenvolvimento do produto/serviço ao de avaliador do que é ofertado, oscilando em diferentes níveis entre esses extremos. Através desse conceito, as organizações posicionaram-se quanto à forma como processam a interação com o cliente. Observa-se que o tipo de interação está diretamente associado ao tipo de produto. Para produtos que oferecem menos variáveis (GKN e Lottici), a interação é baixa ou praticamente inexistente; contudo, com o aumento de variáveis também aumenta o interesse da empresa na participação do cliente, o que conseqüentemente aumenta o nível de interação (Marcopolo, Pristine, UPF e RGE).

A terceira questão aborda a forma como a empresa organiza a sua estrutura de produtos. A pergunta tinha por objetivo identificar se na estrutura há agrupamentos modulares ou por componentes, característicos de empresas que praticam customização. Nesse caso foi possível verificar que sempre que uma empresa opta por níveis de customização maiores (RGE, Marcopolo, Pristine e Lottici) ou intermediário (UPF) existe o desdobramento da estrutura de produtos em módulos ou componentes. Quando a customização é menor, o agrupamento ocorre apenas no nível de famílias (GKN).

A quarta questão procura coletar a percepção da organização sobre o seu nível de customização. O foco é definir se os esforços desenvolvidos pela organização para customizar produtos estão corretamente direcionados. Percebe-se que todas as empresas fazem questão de dizer que praticam a customização, contudo os níveis de

customização adotados nesse trabalho mostram que existem variações desde empresas posicionadas no nível adaptativo e cosmético (GKN), passagem no nível de montagem (UPF) e chegando até o nível de projeto e processo (Pristine, Lottici, RGE e Marcopolo). Essa variação é explicada novamente pelo tipo de produto. Produtos e serviços com mais variáveis são aqueles com maior nível de customização.

Na quinta questão o objetivo é identificar quais as características usadas pela organização para definir seus parceiros de desenvolvimento/prestação de serviço. Neste sentido, o conceito de flexibilidade foi abordado sobre a ótica do prazo de entrega, volume de estoques, variedade de produtos, etc.. Nenhum dos critérios abordados nas entrevistas foi concordante entre as empresas. Preço (GKN), qualidade (Marcopolo), confiabilidade (Lottici), acessabilidade (UPF), velocidade (Pristine) e disponibilidade (RGE) foram os critérios usados pelas organizações para descrever seus parceiros, o que mostra como o tipo de customização praticado afeta a escolha de fornecedores.

Na sexta questão foi investigado de forma objetiva o controle de qualidade. Procurou-se identificar os tipos de CQ associados a cada um dos produtos e serviços customizados e oferecidos pela empresa ao mercado. Em todos os casos foi possível observar que quando a customização atinge níveis médio-baixo (Lottici), médio-alto (UPF) ou alto (RGE, Pristine e Marcopolo), o controle de qualidade é praticado por inspeção 100% dos itens customizados; nos demais casos (GKN), a inspeção é realizada por amostragem com resultados aferidos através de gráficos de controle da qualidade (CEP).

A sétima questão tinha por objetivo entender como a organização estabelece a garantia do produto ou serviço que oferta ao cliente. Nessa questão o foco é identificar como é mensurada a garantia no produto customizado. Trata-se de um aspecto que não foi definido pelas organizações como prioritário. Independente do nível de customização, não foi possível identificar o papel da confiabilidade na customização, ou o interesse das organizações no tema.

A última questão tinha por objetivo resumir as respostas obtidas anteriormente, buscando o consenso de entendimento entre entrevistador e o entrevistado. Além disso,

foi dada oportunidade para o entrevistado acrescentar informações que julgasse relevantes, tendo em vista o objetivo do estudo.

O quadro 1 sumariza as respostas dadas pelas empresas. No quadro 1 é possível verificar o nome de cada empresa posicionado a esquerda e os indicadores na parte superior, seguindo a numeração da Tabela 1. As respostas estão distribuídas no corpo da tabela, relacionando cada célula a uma empresa e um indicador.

**Quadro 1** – Resumo de respostas obtidas nas entrevistas

Tabulação de dados pelos indicadores								
	1	2	3	4	5	6	7	8
GKN	Manufatura	Foco no produto	Adaptação cosmético	Variáveis	MP/LP	Família	Requisitos funcionais	Qualidade
Marcopolo	Manufatura	Foco no cliente	Projeto e processo	Atributos	MC	Família/Plataforma/Módulo/Componentes	Necessidades de clientes	Qualidade
Pristine	Manufatura	Foco no cliente	Projeto e processo	Atributos	MC	Família/Componentes	Necessidades dos clientes	Qualidade
Lottici	Serviço	Foco no produto	Postpone-ment	Atributos	MC	Família/Plataformas/Componentes	Necessidades de clientes	Qualidade
RGE	Serviço	Foco no cliente	Projeto e processo	Atributos	MC	Componentes	Necessidades de clientes	Garantia (Segurança)
UPF	Serviço	Foco no produto	Montagem	Atributos	MC	Módulo	Necessidades do cliente	Qualidade

**Fonte:** Elaborado pelos autores

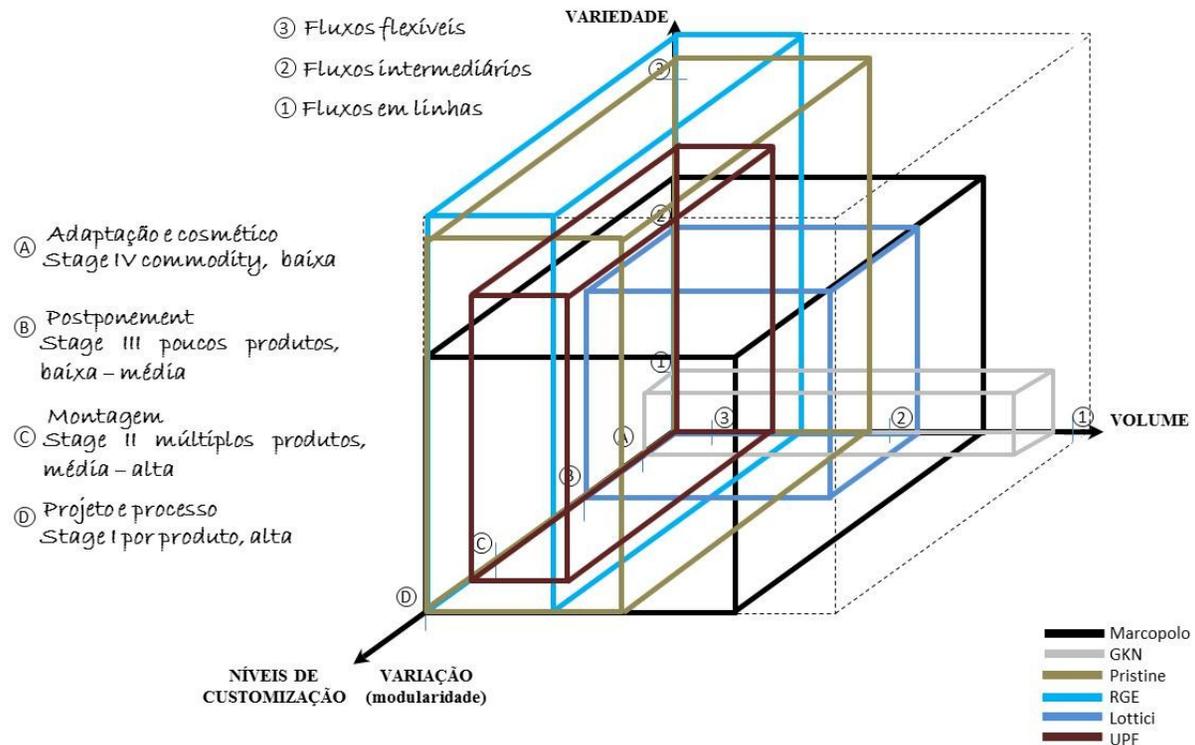
## 4.2 Análise e Interpretação dos dados

A partir das informações coletadas nas questões descritas anteriormente, partiu-se para a análise dos resultados obtidos. Inicialmente, cada organização investigada foi posicionada no espaço formado pelo cubo proposto na Figura 3, permitindo a sua comparação com os estados teóricos de variedade, volume e nível de customização. O resultado vem apresentado na Figura 5.

Em linhas gerais, a Figura 5 mostra que quanto maior a variedade oferecida, maior também o nível de customização; em contrapartida, foco no volume resulta em um menor nível de customização. Outro ponto importante é o tipo de processo que atende a determinados níveis de customização. Nenhum processo tradicionalmente definido pode atender aos negócios estabelecidos pelas empresas. De fato, as

organizações que praticam a customização necessitam de processos únicos, diferentes dos processos tradicionais. Isto implica em definir novas ferramentas e práticas que se adequem aos novos processos.

**Figura 5** – Posicionamento de empresas no cubo volume × variedade × nível de customização



**Fonte:** Elaborado pelos autores

O posicionamento da empresa RGE se justifica, já que a mesma trabalha com a customização total de projetos. Todos os itens de uma obra são designados conforme norma reguladora da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica); contudo uma ampliação na rede de distribuição de energia, manutenção ou nova construção podem ser especificados pelo cliente no nível de componentes. Portanto, a variedade ofertada pela empresa é muito grande. O volume, por consequência, é menor quando comparado aos demais tipos de organizações. Contudo, em relação às concorrentes regionais o patamar é similar, e em comparação com as demais filiais do grupo CPFL, o desempenho é superior.

A empresa Marcopolo é a que ocupa o maior espaço no cubo. Tal caracterização se dá pelo fato da empresa oferecer uma grande quantidade e variedade de componentes, dentro de duas famílias de produtos (ônibus rodoviários e ônibus urbanos). Além disso, a empresa consegue atingir volumes de produção altos em comparação as suas concorrentes. O volume produzido só é menor que na fábrica de auto-peças, o que reflete a eficiência da empresa quanto ao volume produzido frente a complexidade do produto.

A empresa Pristine é a segunda com maior abrangência no cubo. A empresa caracteriza-se dessa forma dado o elevado volume de projetos e fabricação das estruturas metálicas fornecidas à cidade de Hong Kong. Quando comparada a empresa brasileiras, verifica-se que a Pristine detém um volume de produção 35% maior que a média nacional para o mesmo setor. Além disso, oferta produtos com alto grau de customização, e fica relativamente abaixo da empresa RGE, na questão de variedade, pois a quantidade de componentes oferecidos pela Pristine aos seus clientes é inferior ao total ofertado pela RGE.

A empresa Lottici está posicionada como se observa na Figura 5, visto que prioriza em sua estratégia volumes e customiza somente a entrega dos produtos. Os principais produtos da empresa são casas residenciais, apartamentos e sobrados. Como a empresa prioriza o volume de produção, a customização só é realizada internamente para itens definidos como customizáveis; por exemplo, a empresa não customiza o projeto hidráulico para um cliente, mas permite a escolha do porcelanato do banheiro, ou mesmo a configuração interna do *layout* de toda moradia.

A empresa UPF está posicionada como uma empresa de média variedade e baixo volume. Essa classificação é referente aos cursos de curta duração, organizados por componentes modulares para alunos de níveis técnicos ou diplomados que precisam de treinamentos em áreas específicas do conhecimento. Nesse sentido, esses cursos de curta duração possuem uma grade comum de formação com carga horária definida e que são customizados de acordo com a formação desejada pelo cliente. Por exemplo, alunos de uma determinada turma recebem uma formação básica na área de administração e posteriormente escolhem a formação em recursos humanos, finanças,

marketing, etc. Essa caracterização leva a classificação da empresa no nível de customização de montagem.

Finalmente, a empresa GKN está representada como aquela que oferece a menor customização, dado o foco em volume de produção. O fato de ser uma fornecedora de montadoras inibe a prática da customização, visto que não há demandas para isso. A customização no caso da empresa ocorre pela forma como o produto é utilizado pelo cliente, ou por pequenas modificações realizadas ao final do processo de fabricação, que atendem a requisitos de projeto específicos de cada cliente, como, por exemplo, a montagem de componentes ou o envio particionado para o cliente.

A comparação externa dos dados mostra que as empresas Marcopolo, Pristine e RGE, com maior nível de customização, organizam a sua estrutura de produtos em função de componentes. Além disso, essas empresas estão focadas no cliente e não no produto, o que reflete a sua preocupação em customizar além de um nível médio. Por outro lado, as empresas GKN e Lottici focam no produto, o que permite agregar volume; os níveis de customização, como consequência, são baixo e médio-baixo, respectivamente. A UPF também foca no produto, mas por gerar cursos modulares consegue oferecer um nível maior de customização.

Apesar do volume de produção aparentemente permitir um controle de qualidade por amostragem, verifica-se que apenas a empresa GKN aplica esse tipo de estratégia; nos demais casos, o controle de qualidade ocorre através de inspeções de atributos do produto. O tipo de controle adotado também é reflexo do foco da empresa, por exemplo a empresa Pristine, distribui pontos de controle de acordo com o projeto do cliente. A empresa GKN está mais preocupada em atender os requisitos funcionais do produto. Na medida em que o foco é atender as necessidades do cliente, as especificações de produto passam a ser tratadas individualmente, impedindo um controle de qualidade amostral tradicionalmente conhecido.

Em todas as empresas, a garantia do produto customizado não é considerado um aspecto relevante. Nas empresas de prestação de serviço, a importância é menor que nas empresas de manufatura, dado que não existe justificativa para atribuir

garantia. Nas empresas de manufatura, a garantia é uma forma de agregar valor na venda ou mesmo justificar uma negociação futura.

Por fim, foi realizada uma ordenação por importância das características identificadas nas entrevistas, como mostra a Tabela 2. Observa-se que as características principais são similares àquelas discutidas na comparação externa. Para as seis empresas o fato que mais se destaca é a prática da customização. O ato de oferecer a customização é entendido pelas organizações como um diferencial praticado, que demanda um grande esforço. Contudo, nos casos das empresas Pristine, RGE e Marcopolo esse esforço realmente é entendido como um elemento que agrega valor, enquanto que para a Lottici e GKN não se percebe a agregação de valor decorrente da customização. Na UPF não se trata de uma questão de agregação de valor no produto, mas a estratégia para aumentar a participação nesse segmento de mercado. Outra preocupação das empresas customizadoras está na necessidade de manter altos volumes de produção ou oferta do serviço. Para todas as organizações o volume é sinônimo de faturamento, sendo, portanto, a segunda característica mais destacada.

**Tabela 2** – Classificação por importância das características das entrevistas

<b>Classificação</b>	<b>Características</b>
1ª	Praticar a customização.
2ª	Manter altos volumes.
3ª	Condicionar o tipo de customização a normas.
4ª	Condicionar a customização ao tipo de produto.
5ª	Verificar o atendimento das necessidades.
6ª	Verificar e inspecionar os produtos.
7ª	Desenvolver parcerias eficientes.
8ª	Envolver os clientes.
9ª	Atribuir garantia.

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Na sequência são apontadas como importantes as variáveis que condicionam a customização praticada nas organizações. Nos três casos em que a customização não é praticada no nível alto, Lottici e GKN apontam as normas existentes e os tipos de

produtos fabricados como limitantes. No caso da UPF é uma decisão estratégia entre diferenciação do produto e o custo do docente.

Posteriormente, foram abordados nas entrevistas os aspectos ligados ao controle de qualidade. Em três casos (Marcopolo, Pristine e RGE) há preocupação com o atendimento das necessidades dos clientes e inspeção dos produtos/serviços customizados. As empresas GKN, UPF e Lottici somente abordaram o tema quando motivadas durante a entrevista, o que evidencia despreocupação. Finalmente, o desenvolvimento de parcerias, o envolvimento dos clientes e a atribuição de garantia são três variáveis abordadas nas entrevistas mediante motivação do entrevistador, mas que não foram consideradas como relevantes pelos entrevistados.

Com as informações estruturadas, torna-se possível propor diretrizes relativamente ao controle de qualidade, conforme a organização da estrutura de produto e nível de customização apresentados por uma empresa. As análises das entrevistas mostram que o controle de qualidade necessita ser especificado em seu tipo, ponto de realização e forma. O tipo indica se o controle é por variáveis ou atributos; o ponto mostra a etapa do processo onde o controle é realizado; o propósito revela se o controle tem por objetivo detectar, corrigir ou prevenir um erro ou defeito. Um erro pode ser entendido como uma falha no planejamento ou execução de uma operação (REASON, 1997), sendo normalmente a causa imediata dos defeitos. Já defeitos, conforme Ghinato (1996), são danos ocorridos na produção de um produto ou serviço. Portanto, o tipo de controle de qualidade que visa detectar e evitar erros provê um *feedback* imediato, garantindo a ausência de correções. Já o tipo de controle que visa detectar e evitar defeitos permite apenas o descarte.

O controle de qualidade, em particular, é influenciado pela definição do nível de customização, variedade e volume do produto/serviço. O quadro 2 mostra o tipo de controle de qualidade em função do nível de customização e da estrutura de produto. Verifica-se que os tipos de controle de qualidade são baseados nos tipos de inspeção existentes (Inspeção por julgamento, SIS – sistema de inspeção sucessiva, SAI – sistemas de autoinspeção, inspeção por CEP, inspeção 100%) e comumente

conhecidos na literatura. Apesar desses tipos de controle serem classificados a partir de uma visão *lean*, é possível generalizá-los para sistemas de CM.

A realização do controle de qualidade: (a) na pós-fabricação, está associado ao controle final por inspeção de atributos ou variáveis, dependendo do tipo de produto/serviço; (b) na pré-fabricação, o controle de qualidade ocorre relativamente aos módulos e anteriormente à montagem final, novamente por variáveis ou atributos, dependendo do tipo de produto/serviço; (c) na pós-venda, o controle da qualidade depende da demanda do cliente relativamente a um problema específico; nesse caso o controle é realizado por inspeção 100% do cliente final; (d) na pós-montagem, o controle do produto/serviço final, obtido através da combinação dos módulos, ocorre por inspeção 100% do item; e (e) durante o processo, através de inspeção 100%, para evitar qualquer tipo de anormalidade no processo, ou através de CEP, quando se monitora a estabilidade do processo.

**Quadro 2** – Tipos de controle de qualidade para CM

Organização da estrutura de produto	Nível de customização	Estágio de modularidade	Tipo de QC	Ponto de QC	Propósito de QC
Famílias	Adaptação e	<i>Commodity</i>	Inspeção por julgamento	Pós-fabricação	Detectar defeito/defeituoso
	cosmético		Inspeção CEP	Pós-fabricação	Detectar defeito/defeituoso
Plataformas	<i>Postponement</i>	Poucos	Inspeção CEP	Pré-fabricação	Detectar defeito/defeituoso
		produtos	Inspeção SIS/SAI	Pós-fabricação	Detectar defeito/defeituoso
			Inspeção julga	Pós-venda	Corrigir defeito-defeituoso
Modularidade	Montagem	Múltiplos	Inspeção CEP	Pré-fabricação	Detectar defeito/defeituoso
		produtos	Inspeção SIS/SAI	Pós-montagem	Detectar defeito/defeituoso
Componentes	Projeto e processo	Produtos únicos	Inspeção na fonte	Durante processamento	Prevenir erro
			Inspeção CEP	Durante processamento	Prevenir erro

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Essa classificação está embasada nos seis casos analisados. O tipo de controle de qualidade aplicado estrutura de produto por famílias foi definido especialmente pelas observações nas empresas Marcopolo e GKN, onde há fabricação de lotes (mesmo para itens customizados) e que permitem o controle por variáveis. Além disso, a

inspeção por julgamento foi incluída, dado que é praticada em todas as organizações, a destacar na empresa Pristine.

O controle de qualidade aplicado para plataformas foi definido com base nas análises das empresas GKN, Lottici e Marcopolo. Sempre que existirem plataformas de produtos, o controle de qualidade por variáveis ou atributos dependerá do tipo de produtos. No caso da manufatura, a amostragem pode ser aplicada. Contudo, na construção civil, a inspeção deverá ser realizada após a finalização da atividade, executada pelos auxiliares de construção ou pelo cliente, em caso de entregas finais.

Para os módulos de produtos, o controle de qualidade foi definido observando a estrutura de produto da montadora e da universidade, no caso a Marcopolo e a UPF. No caso da Marcopolo, os módulos podem ser tratados amostralmente quando recebidos de terceiros à linha de montagem. Entretanto, a inspeção posterior à montagem somente pode ser realizada por auto-inspeção ou inspeção sucessiva, dada a particularidade de cada produto montado. Na questão da UPF o controle de qualidade dos cursos ocorre ao final do curso, caracterizando a SIS – conferência após cada módulo.

Nos casos de customização por componentes (RGE, Pristine, Marcopolo e Lottici) foi verificada a possibilidade de utilizar inspeção 100% dos atributos ou a inspeção por CEP. A partir de um produto, uma série de itens deve ser verificada e validada durante a execução das atividades do projeto e do processo, a fim de garantir a elaboração do produto/serviço de acordo com as características do cliente. Quando esse produto estiver em uma fase inicial de produção, a inspeção 100% é mais recomendada que a inspeção por CEP, que passa a ser utilizada nos casos em que o processo atinge a condição de estabilidade.

Na Figura 6 é apresentado o cubo de posicionamento com os tipos de CQ em função do modelo estabelecido. Observa-se que a escolha do CQ dependerá do posicionamento da empresa, portanto mais de um tipo, pontos e propósitos de CQ deverão ser combinados para atender a demanda de cada organização.



estratégia da organização, visto que esta influenciará sobre volumes e variedades oferecidos. Por consequência, a qualidade tem papel decisório sobre os requisitos para garantir penetração de mercado dos produtos e serviços da empresa.

Portanto, tipo, ponto e propósito de CQ impactam na decisão dos gestores quanto à organização da estrutura de produto da empresa. Decisões como produzir ou terceirizar, determinar as linhas de fronteira do serviço de pós-venda e definir o papel do cliente no projeto de desenvolvimento do produto estão associados ao CQ que a organização é capaz de praticar. Dessa forma, modificações na estrutura de produto alteram as rotinas praticadas na manufatura e na prestação do serviço, dado que novos parâmetros necessitam ser estabelecidos para atender as demandas de customização. A forma como a manufatura ou a prestação de serviço está organizada é totalmente revista, pois o CQ praticado leva a uma nova demanda de rotinas organizacionais.

Um CQ praticado com base em inspeção na fonte, SIS ou SAI fará com que a empresa desenvolva uma cultura de verificação 100% de todos os itens dos produtos, em todas as etapas do processo de fabricação e prestação de serviço. Consequentemente, o ritmo de processamento, bem como o custo associado, tende ao aumento, visto que grande parte desse trabalho é realizado com suporte de pessoas. Contudo, o CQ realizado por estes tipos de inspeção, fará com que o atendimento das necessidades de customização do cliente em um nível de projeto e processo, por exemplo, dificilmente deixem de ser atendidas.

Por outro lado, o CQ baseado em amostragem também pode garantir esse atendimento dos requisitos do cliente, desde que implementado corretamente. Além disso, oferece uma vantagem que é a menor quantidade de pessoas envolvidas, ou no melhor caso, apenas uma pessoa que controle e monitore diversos processos com respaldo da automatização realizada.

Enfim, a escolha do CQ mais apropriado dependerá de como a empresa é capaz de executá-lo. Nos casos em que haja uma maturidade de processo, com consequente estabilidade controlada, sistemas de CEP serão facilmente adaptáveis e vantajosos; contudo, nos casos em que a customização é praticada e os processos não são estáveis, outros sistemas de inspeção tendem a ser melhores e mais úteis.

## 5 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma forma de identificar os tipos de controle de qualidade aplicados a produtos e serviços customizados. Essa definição foi obtida através de uma proposta de classificação de empresas em função da variedade, volume e nível de customização de seus produtos. A partir da classificação da empresa no cubo de posicionamento e da verificação de quais características são mais importantes em empresas que praticam customização, definiu-se o tipo controle de qualidade adequado.

A solução encontrada é, potencialmente, aplicável em ramos e áreas distintas de fabricação e prestação de serviços. Além disso, independe dos casos exemplos usados nesse estudo. Isso se deve ao fato de ter sido realizada uma formalização do conhecimento tácito das organizações a partir de uma teoria robusta para classificação de empresas customizadoras.

A solução apresentada pode ser aplicada no mínimo de duas formas, devido às características de produtos customizados: (a) durante a verificação de atendimento das características para um determinado tipo de estrutura de produtos (b) como indicador para formular uma nova estrutura de produtos.

O artigo também apresentou seis casos de análise, a fim de subsidiar as conclusões anteriormente referidas. Os casos foram importantes, visto que possibilitaram a aplicação dos conceitos construídos no trabalho em ambientes reais.

Uma dificuldade na generalização da classificação proposta a organizações de todos os tipos consiste na necessidade de ajustar o controle de qualidade e seus aspectos à estrutura de produtos. A dificuldade provém do fato de que o CQ deve ser tratado como uma variável nas fases iniciais de desenvolvimento de produto, o que implica em definir famílias, plataformas, módulos e componentes para conceitos ou mesmo para produtos em fase de prototipagem, gerando possíveis incoerências na estrutura de produtos.

Esse trabalho também permitiu a identificação de oportunidades de continuidade em pesquisas futuras, tais como: (a) criação de um modelo para definir a

estrutura de produtos pensada a partir do controle de qualidade; e (b) gerenciamento de especificações de produtos e serviços customizados, pelo controle de qualidade de componentes comuns a esses produtos e serviços.

## REFERÊNCIAS

ABDELKAFI, N., PERO, M., BLECKER, T., SIANESI, A. NPD-SCM alignment in mass customization. In.: FOGLIATTO, F.S., DA SILVEIRA, G. **Mass customization: engineering and managing global operations**. Springer Velag, 2010.

BARDAKCI, A., WHITELOCK, J. A comparison of customers' readiness for mass-customisation: Turkish vs British customers. **European Business Review**. v. 17, n. 5, p. 397-410, 2005.

\_\_\_\_\_. Mass-customisation in marketing: the consumer perspective. **Journal of Consumer Marketing**, v. 20, n. 5, p. 463-479, 2003.

CERRA, A. L., BONADIO, P. V. G. As relações entre estratégia de produção, TQM (Total Quality Management ou Gestão da qualidade total) e JIT (Just-in-time) – estudos de caso em uma empresa do setor automobilístico e em dois de seus fornecedores. **Gestão e Produção**, v.7, n.3, p.305-319, dez. 2000.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing new product and process development**. New York: The Free Press, 1993. 896p.

CHASE, R. B., JACOBS, F. R., AQUILANO, N. J, KLIPPEL, M. **Administração da produção para vantagem competitiva**. 11. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2006. p.24-42.

DAVIS, S. M. Future Perfect: mass customizing. **Planning Review**, v. 17, p. 16-21, 1989.

DURAY, R. Mass customization origins: mass or custom manufacturing? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 3, p. 314-328, 2002.

\_\_\_\_\_. Process Typology of Mass Customizers. In.: FOGLIATTO, F.S., DA SILVEIRA, G. **Mass Customization: engineering and managing global operations**. Springer Velag, 2010.

FIORE, A. Relationships between optimum stimulation level and willingness to use mass customization options. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v. 5, n. 2, p. 91-101, 2000.

GAITHER, N., FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo, SP: Thomson, 2002. p.38-43.

GARVIN, D.A.: Manufacturing Strategy Planning. **California Management Review**, summer, 1993

GHINATO, P. **O Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente o just-in-time**. Caxias do Sul, RS: Editora da UCS, 1996.

KAPLAN, A. User Participation within Virtual Worlds. In.: FOGLIATTO, F.S., DA SILVEIRA, G. **Mass customization: engineering and managing global operations**. Springer Velag, 2010.

LEE, N. K. S., DAI, J. B. Designing and planning of material handling systems for mass customization. In.: FOGLIATTO, F.S., DA SILVEIRA, G. **Mass Customization: engineering and managing global operations**. Springer Velag, 2010.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2008. p.1-18.

NI, Q. F.; LU, W. F.; YARLAGADDA, P. K. D. V. An Extensible product structure model for product lifecycle management in the make-to-order environment. **Concurrent Engineering**, v.16, n.4, p.243-251, 2008.

PAIVA, E. L., CARVALHO JR., J.M., FENSTERSEIFER, J. M. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão do futuro**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2004. p.39-53.

PAN, B., HOLLAND, R. A mass customized supply chain for the fashion system at the design production interface. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v.10, n.3, p.345-359, 2006.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. England: Ashgate Publishing Limited, 1997. p.61-83.

SILVEIRA, G., BORENSTEIN, D., FOGLIATTO, F.S. Mass customization: literature review and research directions. **International Journal of Production Economics**, v.72, p. 1-13, 2001.

SPRING, M., ARAUJO, L. Service, services and products: rethinking operations strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 444-467, 2009.

TSENG, M. M., RADKE, A. M. Production planning and control for mass customization. In.: FOGLIATTO, F.S., DA SILVEIRA, G. **Mass customization: engineering and managing global operations**. Springer Velag, 2010.

ZHANG, X., CHEN, R. Forecast-driven or customer-order-driven? An empirical analysis of the Chinese automotive industry. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 26, n. 6, p. 668-688, 2006.



Artigo recebido em 26/07/2011 e aceito para publicação em 29/03/2012.