

Como a Cadeia Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) Tornou Possível a Decoração por Jato de Tinta

Javier Cabedo^{a*}, Jesús Zaragoza^a, P. Corma Canós^b

^aEndeka Ceramics, Vall d'Alba, Castellón, Espanha

^bQPT Consultores, Vila-Real, Castellón, Espanha

*e-mail: cabedoj@endekaceramics.com

Resumo: A decoração de placas cerâmicas por jato de tinta foi possível graças a um gerenciamento adequado ao longo de toda a cadeia de PDI. Este artigo examina o fenômeno na cadeia de PDI que fez o surgimento desta tecnologia uma realidade. Também propõe um modelo para gerar inovação futura baseado no conceito de “inovação aberta”. O principal resultado deste estudo mostra que, graças à visão inovadora de certos indivíduos, o conhecimento derivado da pesquisa foi aproveitado para produzir desenvolvimentos tecnológicos que, uma vez reunidos, levaram à inovadora decoração de placas cerâmicas por jato de tinta.

Palavras-chave: *decoreção cerâmica, jato de tinta, cluster cerâmico, inovação aberta.*

1. Introdução

Na última década testemunhou-se a crescente, massiva e espetacular implementação da tecnologia jato de tinta para decoração de placas cerâmicas. Em sua origem esta é uma tecnologia relativamente nova, que data do início dos anos 1970 com a impressora de matriz de pontos da Centronics Corporation, que usava jatos de tinta para impressão em papel.

Sem dúvida, aquela inovação tecnológica poderia ser descrita como um paradigma¹ em comparação a qualquer coisa que foi usada antes, pois foi o primeiro meio de decorar uma peça sem contato e pela primeira vez abordou muitas das facetas da inovação como definida pelo manual de Oslo² (produto, processo, serviço, modelo de marketing e modelo de negócio).

Desta forma, foi um claro exemplo do completo sentido de PDI: pesquisa em piezeletricidade, materiais e veículos; desenvolvimento em cabeçotes (bicos), maquinário, software, componentes, processos e produtos; inovação em produto, serviço, modelo de marketing e modelo de negócio.

Além disto, ela reproduz o modelo de inovação para a indústria cerâmica definido em artigos anteriores: atendimento a uma demanda que até então não era suprida, mas, no entanto, necessária, criada dentro da própria cadeia de valor do setor, provida por fornecedores diretos de cada subsetor, sucessivamente melhorada por contribuições cruzadas dos produtores do setor, seu uso tornou-se massivamente difundido e estendeu-se até a imitação, sistematicamente gerando grandes melhorias, necessitando treinamento técnico e qualificação profissional, entre outros benefícios.

Como esta tecnologia representa um paradigma inovador em primeiro grau, desta forma é apropriado que se reflita sobre o mecanismo que a tornou possível. Este artigo examina o fenômeno na cadeia de PDI que fez o surgimento desta tecnologia uma realidade e que foi objeto de outros estudos^{3,4} e que, entretanto, parece estar mudando nos últimos cinco anos.

A busca para tornar a PDI uma realidade é constante: deve-se transferir os resultados da pesquisa de modo que ela permita o desenvolvimento e então resulte em sucesso para o fim da cadeia por meio da inovação. A decoração cerâmica por jato de tinta é um exemplo claro de tal transferência e da necessidade de cada uma de suas etapas.

Este conceito também está alinhado com as novas tendências encontradas na literatura sobre sistemas de inovação as quais, entre outros assuntos, enfatizam a ideia básica de que, para que os sistemas

de inovação funcionem corretamente, deve efetivamente ocorrer um número de atividades chave e específicas⁵.

De fato, deveria ser possível entender esta inovação na ausência de pesquisa básica sobre as propriedades e características dos materiais como piezeletricidade, tamanho e forma de partículas, reologia, entre outras, ou de desenvolvimentos chave na interpretação de espaços e coordenadas de cor e sua transformação em modelos computacionais, ou do uso prático da estrutura cristalina responsável pela cor e sua correlação com tamanho e desempenho, ou mesmo da mecânica, eletrônica e engenharia que correlacionam e submetem todas estas variáveis a um processo industrial, ou das propriedades associadas com a natureza dos materiais de acordo com seu tamanho de partícula, estrutura e estados de energia.

Foi a combinação de três aspectos básicos que a trouxe à vida: conhecimento sobre materiais (ciência dos materiais), engenharia de processo com auxílio da eletrônica e informática associada, e – a novidade radical – a introdução do “modelo de negócios” como uma variável que até então tinha permanecido praticamente subdesenvolvida no setor, mas que é vista como mais uma forma de inovação no manual de Oslo.

Este artigo não tem intenção de revisar a literatura ou estudar o “estado da arte”; também não tem intenção de aprofundar a ciência ou conhecimento associados com cada uma das seções mostradas, mas meramente esforça-se por analisar o modelo subjacente ao início da tecnologia de jato de tinta aplicada à decoração de placas cerâmicas e, assim, destaca a necessidade de um esforço aprimorado ao longo de toda a cadeia de PDI. Também propõe um modelo para gerar inovação futura baseado no conceito de “inovação aberta”.

Além disto, o artigo tenta ilustrar os benefícios da criação do cluster do setor. De acordo com a definição de Porter⁶ um cluster é definido como

[...] concentrações geográficas de companhias interconectadas, fornecedores especializados, provedores de serviços, firmas de setores adjacentes e instituições associadas (universidades, agências de governos, associações de negócios) em áreas particulares que competem mas também cooperam umas com as outras.

Por último, mas não menos importante, também presta homenagem às pessoas e companhias que tornaram possível este desenvolvimento tecnológico de primeira ordem, criado para revolucionar a fabricação de placas cerâmicas. É um exemplo claro do que Peter Drucker chama de “inovação e o empreendedor”⁷ e que

pode ser englobado no que o autor chama de fontes de inovação de categorias 5 (necessidade por progresso) e 9 (novo conhecimento).

2. Metodologia

Para estudar a evolução e a reunião do conhecimento que levou à aplicação do jato de tinta nas cerâmicas, a seguinte metodologia foi empregada:

- Primeiro a tecnologia foi definida como “decisiva”;
- Então os itens (componentes) atuantes foram analisados;
- Avaliou-se como os componentes evoluíram da “frente para trás” para determinar a origem individual de cada um, para dar uma visão geral para montagens subsequentes. Nesta seção, o período de tempo, quando está disponível, é identificado;
- O mecanismo de “inovação aberta” é identificado;
- Novos (inovadores) itens não presentes em inovações anteriores são incorporados;
- Finalmente, as fronteiras abertas para futuras montagens de conhecimento e extensões de inovação são mostradas. Por fronteiras do conhecimento entende-se o trabalho de pesquisa capaz de estender o escopo do conhecimento, ou empurrar as fronteiras do conhecimento em relação às diferentes disciplinas que se unem e sobrepõem.

Todas as etapas anteriores parecem revelar um novo modelo de inovação para o cluster cerâmico.

3. Resultados e Discussão

3.1. Definição prévia da tecnologia como “decisiva”

Estudos anteriores^{8,9} mostraram que as inovações pós 1980 na indústria cerâmica foram decisivas. A Tabela 1 mostra estas inovações, com base nos critérios estabelecidos nos estudos mencionados.

Como se pode ver, a decoração por jato de tinta já estava incluída entre as inovações no ano 2000, mas foi entre 2005 e 2007 que seu real início ocorreu. Cada uma das inovações englobava um número de fatores em termos de materiais, processos ou serviços que as tornou possível. As inovações mencionadas são o resultado de tudo que as precedeu e do que as mesmas tornaram visíveis.

3.2. Análise dos elementos (componentes) que entram em cena

Foi construído um mapa mental para alocar e organizar os elementos a serem levados em consideração na tecnologia jato de tinta, Figura 1. Para isto, iniciou-se com o proposto no manual de Oslo

como sendo “veículos de inovação”. O mapa mental foi implantado em vários níveis, máximo de 5 e mínimo de 3. O mapeamento revelou todos os itens que têm um papel na tecnologia e, assim, as fronteiras de futuros desenvolvimentos podem ser definidas. Também especifica todas as entradas laterais na “inovação aberta”, além de materiais e maquinário.

3.3. Estudo de como cada componente evoluiu da “frente para trás” para identificar sua fonte individual e fornecer uma visão para montagens posteriores

Para este propósito, cada ramo foi considerado. Um exemplo é dado no item 3.3.1.

3.3.1. Maquinário, bicos injetores, piezeletricidade

A Figura 2 mostra o mapa mental para o ramo maquinário, bicos injetores, piezeletricidade do mapa mental para a tecnologia jato de tinta (Figura 1).

Objetivo: assegurar que o pigmento é transferido por meio do método “jato de tinta sob demanda” e que a gota de tinta é gerada somente quando requerida (fundamental para a decoração cerâmica). Isto implica na produção de gotas de um modo muito controlado, com um tamanho muito controlado e com maior precisão para obter motivos decorativos precisos com um grande número de gotas por polegada (dpi). Para que isto ocorra é necessário um tipo de plataforma permanente que apresente uma intermitência muito elevada e que seja capaz de ajustar o tamanho da gota e que seja automatizada. As primeiras impressoras de matrizes de pontos surgiram nos anos 1970.

Dadas as premissas anteriores, é claro que um injetor com atuação mecânica não forneceria nem a velocidade requerida nem a precisão necessária nem grau de automação. Era necessário um novo sistema que já existia: piezeletricidade. O fenômeno da piezeletricidade é conhecido desde os tempos de Pierre Curie (1881) e seus estudos sobre compressão do quartzo. Materiais piezelétricos também exibem a propriedade inversa, i.e., quando uma diferença de potencial elétrico é aplicada, uma corrente é gerada (compressão-relaxação). Esta propriedade, presente em cristais e cerâmicas, foi desenvolvida mais tarde com os sistemas PZT (titanato zirconato de chumbo) nos anos 1960 e 1970. As primeiras peças usadas como um meio para lançar ou expelir um jato de tinta intermitente apareceram, e em 1990 iniciou-se o trabalho de aplicar a tecnologia para tintas cerâmicas (projeto europeu “PLZT”).

Para aplicar a tecnologia em diferentes áreas, deve-se inicialmente conhecer mais sobre o fenômeno de piezeletricidade, as restrições

Tabela 1. Inovações na indústria cerâmica^{8,9}.

Ano	Produto/Processo	Inovações
1981, 1982	Placas de grés	Transformações nas matrizes das prensas
1983, 1984	Placas de faiança	Listelos contínuos Monoporosa (placa porosa de monoqueima)
1985, 1986, 1987		Granilhas Início da venda e comercialização de placas pelas próprias redes dos fabricantes Design incorporado à venda dos vidrados Novas formas de comercialização de vidrados Paletes Novos fornos para fritas
1988		Veículos guiados
1989	Placas porcelânicas	Cogeração de calor e força combinadas (CHP)
1990, 1992, 1996		Escolha Moagem contínua de argila Decoração a rolos
2000	Porcelânico esmaltado	Controle de qualidade baseado em visão artificial Decoração por jato de tinta

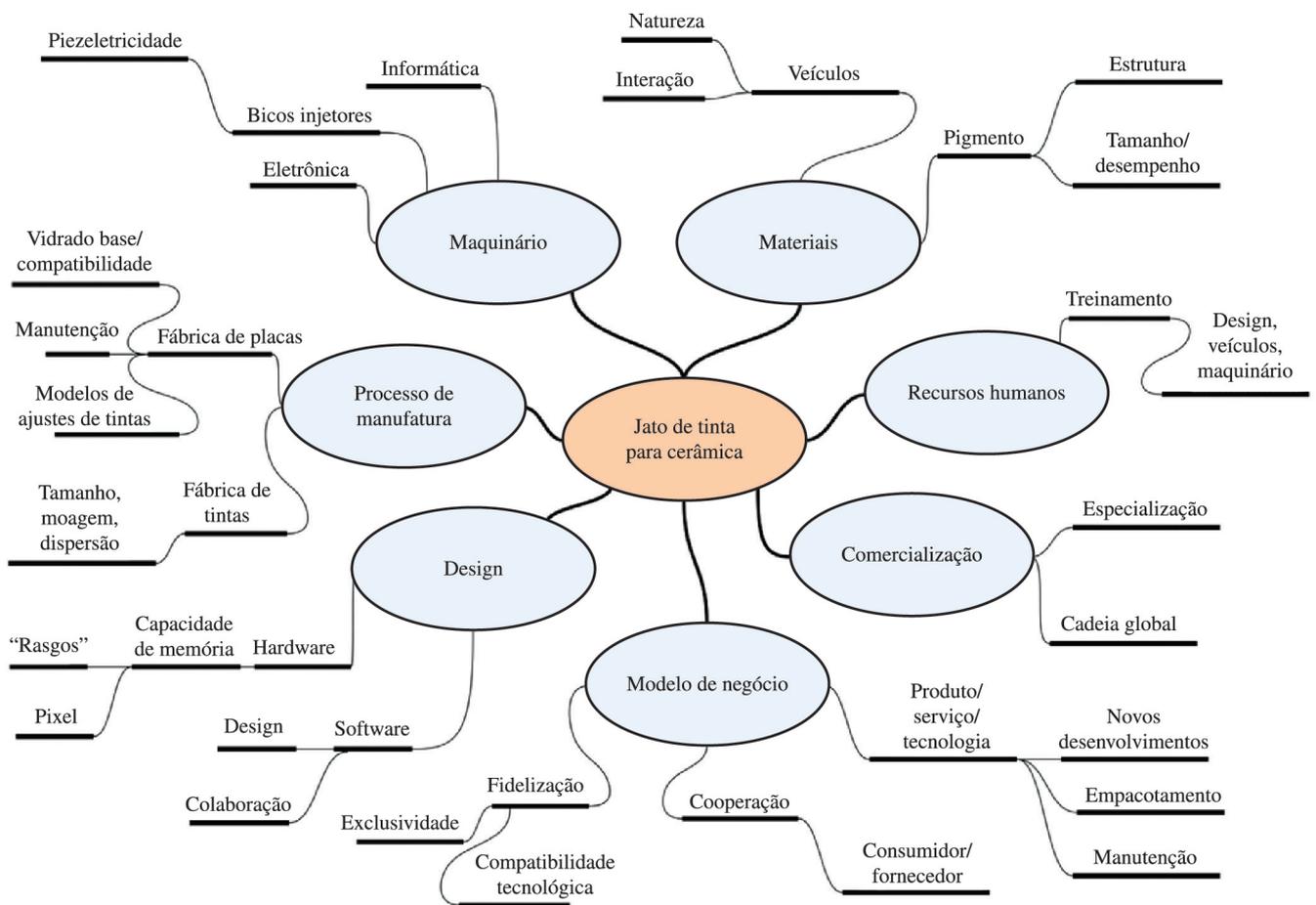


Figura 1. Mapa mental para a tecnologia jato de tinta.

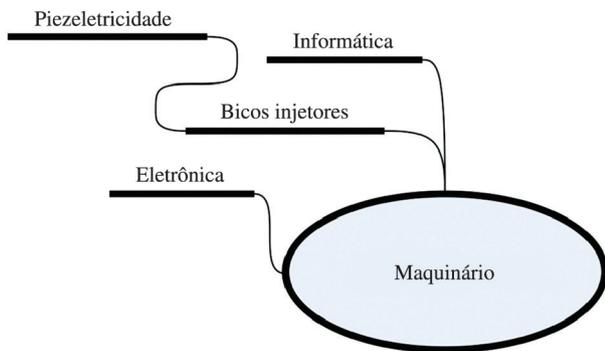


Figura 2. Ramo maquinário, bicos injetores, piezeletricidade do mapa mental para a tecnologia jato de tinta.

impostas pelo meio a ser transferido (tinta), o grau de precisão e, é claro, a automação total do processo. Os fabricantes de equipamentos escolhem diferentes tecnologias para os segmentos de mercado específicos que eles almejam, e o setor cerâmico não foi muito atraente inicialmente, pois era insignificante em termos das quantidades utilizadas.

Como pode ser visto no mapa mental, Figura 2, o ramo maquinário-piezeletricidade está associado com eletrônica e informática, pois eles são críticos para que toda a unidade funcione adequadamente e para se obter o objetivo desejado. Até que todos os ramos fossem reunidos, não seria possível produzir os bicos injetores para decoração cerâmica por jato de tinta como os utilizados atualmente.

Mas isto somente para a máquina. Havia mais componentes a serem reunidos após o caminho ter sido desvendado.

Identificação do caminho de “inovação aberta” implementado: Para este fim, os diferentes ramos (seção anterior) foram levados em consideração e os itens de “inovação aberta” foram analisados sob o ponto de vista do desenvolvimento de decoração cerâmica por jato de tinta.

Considerando-se um caso concreto, a relação entre maquinários, injetores e piezeletricidade, o processo inicia-se como descrito na seção anterior (Figura 2). O injetor já existia e poderia ser disponibilizado por um fabricante (Xaar, Spectra e Seiko). O conceito de inovação aberta¹⁰ foi usado como meio de combinar o conhecimento interno com o externo e promover estratégias e projetos de P e D. De acordo com o modelo de “inovação aberta”, os projetos podem ser originados dentro ou fora de uma empresa, podem ser incorporados no início ou em estágios intermediários do processo de inovação, e podem ir ao mercado pela mesma companhia ou por outras (licenciamento de patente, transferência de tecnologia, etc.).

Deve-se fazer menção aos fabricantes da máquina final de injeção que usam “inteligência coletiva” pela colaboração com fabricantes de injetores, criadores de aplicativos, fabricantes de tintas e veículos, entre outros. Em 1998 a Kerajet nasceu com este objetivo específico (patentes e documentação iniciais WO2000021760A1, EP1038689B1, ES2219068T3) e que levou à criação da máquina Kerajet (patente de aplicação 200930657 e número de aplicação 2 354 667).

A leitura destas patentes dá uma ideia clara do processo de “inovação aberta” conduzido pelo fabricante. Ao mesmo tempo, participantes do processo de inteligência coletiva mencionado

também tiveram de implementar processos de “inovação aberta” laterais com os fornecedores de produtos para tratamentos para materiais e veículos, que assim definiram novos produtos (patentes GB2268505, GB19910004171 19910227 e US- 5.407.474 de 1994 e 1995). Nestas patentes, as tintas para decoração cerâmica por jato são mencionadas, mas sem a solução de certos problemas como a estabilidade das suspensões ou a abrasão dos bicos injetores.

Não se podem omitir os avanços feitos antes daquela data (1992 e 1993) com pigmentos baseados em sais solúveis que tiveram de superar certos problemas, mas não resolveram outros (dificuldade em se obter a paleta de cor CMYK, penetração não controlada no meio, patentes US-5.273.575 e EP-0.572.314-A1). O processo estendeu-se a toda a cadeia. Paradoxalmente, o participante menos ativo foi o beneficiário final, os fabricantes de placas cerâmicas. Este problema tinha sido evitado em parte devido à natureza inerente do cluster no qual o fabricante é onipresente: basta observar os projetos CDTI ou IMPIVA do período 2003-2010; aqueles foram anos de crescimento dos projetos de pesquisa em tecnologia de jato de tinta, mesmo sem ter sido implantada comercialmente; este é um exemplo claro do processo de “inovação aberta” no cluster.

Neste ponto deve-se mencionar o conteúdo de um artigo prévio¹¹ que definiu a sequência na qual o conhecimento foi desenvolvido e aplicado – o que se denomina de mudança da pesquisa para o desenvolvimento tecnológico. A maioria das patentes relacionadas ao assunto foi publicada entre 1998 e 2008, enquanto os projetos de desenvolvimento tecnológico e inovação são datados entre 2006 e 2010.

O mesmo processo pode ser observado nos ramos materiais ou design, onde conhecimento interno foi combinado com conhecimento externo para gerar inteligência coletiva por meio de inovação aberta.

Incorporação de novos (inovadores) itens até então não presentes nas inovações anteriores: Do ponto de vista de como a aplicação em massa evoluiu com o tempo, a decoração cerâmica por jato de tinta está um passo atrás da flexografia, especificamente da Rotocolor, como um marco significativo na decoração. Como qualquer outro paradigma de inovação¹, esta tecnologia teve a vantagem do que já existia e então posicionou-se na fronteira do conhecimento mesmo antes de ser um avanço reconhecido. Com relação ao conceito de evolução, a decoração superficial de placas cerâmicas apresenta como características evolutivas:

- envolvimento direto da mão humana no uso de óxidos naturais; a mão faz o desenho;
- aplicação de óxidos naturais e pigmentos cerâmicos usando itens para transferência (pincel); a mão usa um pincel para decorar;
- aplicação de transferência manual usando alguns itens intermediários que criam o desenho (estêncil); o desenho é pré-definido;

- o mesmo anterior, mas usando inicialmente transferência mecânica e em sequência transferência automática, ou seja, do estêncil para a tela; uso de malha de pontos estruturados ou amplitude modulada (AM);
- o mesmo anterior, mas com capacidade de alterar os desenhos; até este ponto era apenas 100% de repetição, mas pequenas diferenciações aparecem; são as recentes tecnologias de serigrafia que ainda perduram;
- crescente demanda por precisão e qualidade de imagem melhoradas, o limite de 30 pontos/cm é alcançado graças a tintas mais refinadas e ao uso de malhas de frequência modulada (FM); a FM resulta em melhor qualidade da ilustração, requerendo ainda maiores avanços tecnológicos;
- impressão plana e flexografia; a transferência ainda é por contato, mas torna-se menos repetitiva por espalhamento sobre o desenho (neste ponto uma busca simples por patentes registradas sob o nome de Franco Stefani (System Ceramics) revela a evolução da tecnologia e a implementação de “inovação aberta” para o caso da Rotocolor);
- a partir deste ponto qualquer passo subsequente foi obrigado a fornecer grande qualidade de imagem (malhas FM ou estocásticas) com menor (muito menor) tamanho de partícula e elevada estabilidade de tinta para produzir pontos pequenos e estáticos;
- o próximo passo, obtido em duas frentes, foi lógico e necessário: máxima diferenciação entre as peças (sem repetição); e evitar contato com a peça;
- surgiu a possibilidade de transferir a tecnologia de impressão de papel por jato de tinta e digitalização – e este foi o paradigma para o avanço.

Futuras montagens de conhecimento e extensões da inovação: O aparecimento de qualquer paradigma de inovação, especialmente se é um sucesso, sempre é acompanhado do aumento de inovações incrementais (não necessariamente paradigmas), como cabeçotes autolimpantes ou cabeçotes que não necessitam de limpeza; filtros para seleção de partículas dentro dos cabeçotes; aplicação de toda a camada de vidro; operação fora de linha; obtenção de pequenos tamanhos de partículas sem moagem; criação de uma linha de produção tipo monobloco; combinação da operação de decoração com a queima (fusão de cores) por acoplamento de distintas tecnologias (levando à customização fora de linha); correção automática da cor via automação in situ de mixes.

Deve-se lembrar de que a decoração por jato de tinta como hoje conhecida é uma derivação na fronteira de inovações anteriores. Nas últimas décadas o processo pode ser visualizado como descrito no diagrama da Figura 3.

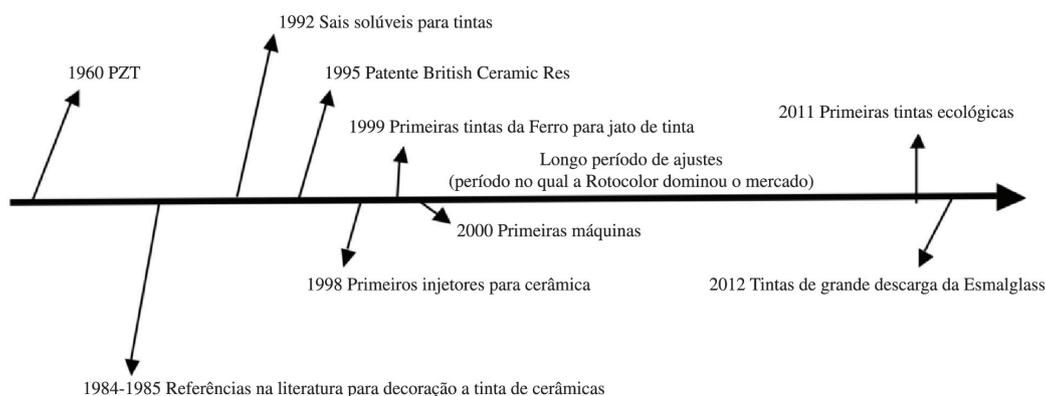


Figura 3. Evolução da tecnologia jato de tinta.

3.3.2. Materiais, pigmentos, estrutura, tamanho de partícula, desempenho

A Figura 4 mostra o ramo materiais, pigmentos, estrutura, tamanho de partícula, desempenho do mapa mental para a tecnologia jato de tinta (Figura 4).

A coloração cerâmica usando pigmentos inorgânicos é uma das tecnologias humanas mais antigas. As composições eram baseadas na obtenção da cor adequada e na tecnologia de aplicação (artesanal). As bordas, linhas e sobreposições da superfície a ser decorada já necessitavam de misturas além das suspensões de pigmentos em água. A industrialização e a mecanização forçaram o desenvolvimento de suspensões mais duradoras que ainda assim deveriam ser compatíveis com os mecanismos de transferência. É neste momento que o tamanho de partículas torna-se o fator a ser levado em conta.

As velocidades nas quais as cores poderiam ser transferidas, e a subsequente queima, tornaram-se possíveis graças ao uso de novas estruturas, composições e suspensões. Como foram feitos esforços para aumentar a precisão da decoração, a passagem da tinta pelo mecanismo de transferência foi reduzida (mais fios na tela de impressão). O tamanho das partículas e a viscosidade tiveram de ser reduzidos, uma restrição inerente quando todo o processo foi automatizado. A transferência de itens que dependem de contato físico (tecidos) implica em certas restrições para as composições.

O surgimento da transferência sem contato (injeção) demandou tamanhos de partículas muito pequenos (0,2 a 0,4 μm) e solução para problemas de suspensão e viscosidade (patente GB-2.274.847 de 1993). Em 1991 foi feita uma primeira patente (aplicação) para estas tintas (U.S. Pat. no. 5,407,474). Os tamanhos de partículas agora se aproximam do tamanho de uma célula unitária do pigmento. A ruptura das partículas teria um efeito significativo sobre o rendimento da cor.

Da mesma forma, foi difícil encontrar um conjunto de cores que permitisse um processo de reprodução completo das cores como o CMYK, ciano, amarelo, magenta e preto (patente WO 00151573 A1). Tamanhos e distribuições de partículas tão pequenos resultaram na reconsideração das suspensões, além disto, sem serem em detrimento dos injetores.

Todas as situações expostas levaram a estudo das estruturas cristalinas, dos óxidos corantes que as compõem e das suas potenciais interações para se obter a cor desejada; estudo das estruturas cristalinas e seus tamanhos; desenvolvimento de novas técnicas de moagem para obter pequenos tamanhos de partículas e distribuições estreitas em curtos tempos de moagem; pesquisa sobre novos dispositivos de moagem; desenvolvimento de novos aditivos que permitissem a produção de suspensões de baixa viscosidade, preservando as partes mecânicas das máquinas.

Identificação do mecanismo de “inovação aberta” implementado: A partir da situação descrita anteriormente, os injetores agora disponibilizados pelos fabricantes apresentavam passos de 10 a 100 μm . Como as suspensões inorgânicas poderiam obstruir os bicos,

suspensões de produtos orgânicos foram então usadas em um meio orgânico (patente GB 9104171.5).

As tintas iniciais eram baseadas em sais solúveis, mas com uma série de inconvenientes inerentes. Necessitavam de estabilidade de temperatura e domínio na precisão da cor (para evitar irregularidades como resultado da penetração do sal). A tinta não poderia produzir ataque químico sobre o equipamento. Foi definido o tamanho de partícula como a única restrição para os injetores, fato diretamente relacionado com a operação de moagem. Também não se conhecia a relação entre tamanho de partícula e opacidade e intensidade de cor do pigmento^{12,13}.

Desta forma, foi necessário combinar o conhecimento em três direções: tamanho de partícula e habilidade para manter estável a suspensão de alta viscosidade resultante, obtenção da cor desejada (força e opacidade), e evitar dano aos injetores. Todos estes fatores envolviam a colaboração direta dos fabricantes dos injetores (ou das máquinas), dos pigmentos e das suspensões em uma “inovação direta”, com o benefício adicional de que poderia ocorrer no mesmo cluster e com a vantagem da relação consumidor-fornecedor para futuros desenvolvimentos tecnológicos.

E assim o ciclo foi gradualmente fechado, com base no conhecimento existente (literatura especializada e patentes), parcerias diretas entre consumidor e fornecedor, conexões disponíveis a tecnologias externas (injetores e aplicativos) e formação de equipes multidisciplinares.

Incorporação de itens novos (inovadores) não presentes em inovações anteriores: A obtenção de suspensões de pigmentos cerâmicos para decoração é quase tão antiga quanto a própria humanidade. A automação da impressão cerâmica por tela foi o primeiro obstáculo a ser superado para se obter suspensões estáveis. A necessidade posterior de tamanhos de partículas menores e maiores concentrações de pigmentos trouxe um segundo desafio de manter estáveis suspensões com viscosidades muito elevadas.

Ao mesmo tempo, a redução do tamanho de partícula aos limites requeridos pelos cabeçotes (0,2 a 0,5 μm) acarretou em três dificuldades: a grande quantidade de energia necessária para obter estes tamanhos de partículas e o tipo de material a ser usado; o efeito sobre o rendimento real da cor, considerando que estes tamanhos são praticamente os mesmos da própria célula unitária; e a distribuição de tamanhos de partículas, suas restrições e o método de controle para evitar distribuições que possam afetar os injetores.

Tal inovação, tão avançada, necessitou de novos componentes e mesmo métodos de moagem que dez anos antes não existiam. O mesmo se aplica para os sistemas de controle de tamanho usados nos laboratórios industriais. A estabilidade destas tintas de elevada viscosidade, devido ao tamanho de partícula dos pigmentos cerâmicos inorgânicos usados, não era possível somente poucos anos antes com os veículos utilizados na época. São todas características inovadoras adicionais demandadas por esta tecnologia.

Futuras montagens de conhecimento e extensões da inovação: Mais uma vez deve-se mencionar que um paradigma de inovação, especialmente se exitoso, trará um aumento de outras (não necessariamente paradigmas) inovações incrementais, como novos métodos de se obter menores tamanhos de partículas. Deve-se mencionar o processo sol-gel como um dos mais ansiosamente aguardados¹⁴. Também o desenvolvimento de novos pigmentos que não necessitam de veículos para permanecer em suspensão.

Métodos de monitoramento em linha para determinar a estabilidade e o tamanho de partícula, novos campos onde a tecnologia pode ser aplicada (outros materiais) e aplicações fora da linha são outras inovações incrementais.

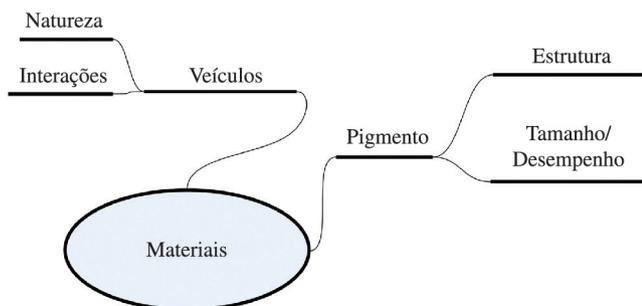


Figura 4. Ramo materiais, pigmentos, estrutura, tamanho de partícula, desempenho do mapa mental para a tecnologia jato de tinta.

4. Conclusões

A decoração por jato de tinta de placas cerâmicas tornou-se possível graças a um gerenciamento adequado ao longo de toda a cadeia de PDI. Tais práticas de gestão não ocorreram “do berço ao túmulo”, uma vez que mais de um século se passou entre uma e outra tecnologia (embora a última ainda esteja em formação). Mas, graças à visão inovadora de certos indivíduos em companhias específicas, o conhecimento derivado da pesquisa foi aproveitado para produzir desenvolvimentos tecnológicos que, uma vez reunidos, levaram à inovação de decoração de placas cerâmicas por jato de tinta.

O processo testemunhou a emergência de inovações não incluídas em desenvolvimentos tecnológicos anteriores, principalmente:

- claramente implicou em inovação de produto (maquinário, injetores, pigmentos, veículos);
- implicou em inovação de processo (montagem entre o aplicativo do injetor e o processo de decoração, moagem de novos pigmentos, novos processos de design);
- envolveu inovação do gerenciamento da implementação do projeto principal, das ramificações, monitoramento da tecnologia, adaptação do design e adequação das estruturas internas das companhias envolvidas.
- inovação em marketing, pois envolveu o design de uma maneira não tradicional, pelo estreitamento das relações entre consumidores e fornecedores ao longo de toda a cadeia de suprimento, e provendo decoração com benefícios adicionais (logística, mudança no gerenciamento, estoques);
- e finalmente inovação no modelo de negócios, pois está destinada a ser replicada em futuras inovações.

Ainda, a decoração por jato de tinta trouxe a emergência de um novo modelo de negócio, no qual a relação consumidor-fornecedor anterior, baseada em suporte tecnológico e design (entre duas partes), atingiu um novo patamar como uma parceria baseada na inter-relação entre várias partes interessadas ao longo da cadeia (fabricantes de placas, fornecedores de máquinas, fornecedores de tintas). Foi gerado um novo modo de estabelecer tais relações – suporte tecnológico, certificação de tintas, design e financiamento – que em si representa uma inovação em direção ao futuro que permitirá maior disponibilidade de recursos para novos projetos.

Esta revisão da cadeia de PDI para o caso do desenvolvimento de jato de tinta para decoração de placas cerâmicas também revela outras mudanças que ocorreram em anos recentes no sistema de inovação do cluster cerâmico, tais como:

- as companhias (especialmente os produtores de vidrados e maquinário) têm equipes com grande qualificação em PDI;
- a geração de conhecimento agora é concentrada dentro destas organizações, que então interagem com o mundo exterior, sejam fornecedores ou outras fontes de conhecimento não necessariamente dentro do cluster cerâmico;
- conceitos mais abertos dos objetivos da inovação surgiram, partindo de produtos simples (sempre necessários mas nunca suficientes) para incluir o processo, marketing, gerenciamento e adaptação ao modelo de negócio;
- a disponibilidade de maiores recursos financeiros torna-se cada vez mais importante, resultando em que o compartilhamento dos riscos torne-se a base das relações entre consumidores e fornecedores; o conceito de ganho compartilhado está se tornando a base das relações de troca e a concentração de fornecedores é uma necessidade;

- desta forma, para disseminar esta nova tecnologia para todo o cluster, o treinamento da implantação torna-se crítico, e assim novos atores podem surgir no sistema de inovação deste cluster;
- o sistema de inovação está sendo redefinido e cada parte é obrigada a tomar seu lugar e, em vários casos, questionar seu papel individual.

Em vista do exposto, pode-se concluir claramente que o cluster cerâmico iniciou o caminho da “inovação aberta”, em que as relações cliente-fornecedor (em diferentes formatos) serão a chave e as partes envolvidas serão diferentes, provenientes de diferentes campos e com uma quantidade significativa de transferência de tecnologia. Isso, por sua vez, exige que as empresas tenham equipes de PDI altamente qualificadas para que possam tomar parte ativa na cadeia da inovação.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar a sua gratidão e apreço aos profissionais do polo de cerâmica de Castellón, que tornaram possível o avanço tecnológico da decoração a jato de tinta, e às empresas que o consolidaram.

Referências

1. CHRISTENSEN, C. M. **The innovators dilemma**: when new technologies cause great firms to fail. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
2. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Oslo manual**: guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3rd ed. 2005.
3. TORTAJADA-ESPARZA, E.; GABALDÓN ESTEVAN, D. L.; FERNANDEZ DE LUCIO, I. La evolución tecnológica del distrito cerámico de Castellón: La contribución de la industria de fritas, colores y esmaltes. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 47, n. 2, p. 57-80, 2008. <http://dx.doi.org/10.3989/cyv.2008.v47.i2.198>
4. ESCARDINO, A. La innovación tecnológica en la industria cerámica de Castellón. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 40, n. 1, p. 43-51, 2001. <http://dx.doi.org/10.3989/cyv.2001.v40.i1.761>
5. GABALDON, D.; HEKKERT, M. P. How does the innovation system in the spanish ceramic tile sector function? **Journal of the Spanish Ceramics Society**, v. 52, n. 3, p. 151-158, 2013.
6. PORTER, M. E. **Competitive advantage of nations**. New York: Free Press, 1990.
7. DRUCKER, P. **Innovation and the entrepreneur**. New York: Aposrophe, 1997.
8. CORMA CANÓS, F. The innovation process in the ceramic tiles sector. ATC, 2006.
9. CORMA, P. Models of innovation present in the Castellon ceramics sector. In: QUALICER, 2008.
10. CHESBROUGH, H. **Open innovation**: the new imperative for creating and leveraging technology. Harvard Business School Press, 2003.
11. WILLIAMS, C. H. Pigments for printing inks. **Inklings**, v. 132, p. 6-8, 1985.
12. FERGUSON, L. D. **Introduction to printing tech and ink chemistry**. Atlanta, 1992.
13. ZHOU, Z.-J.; YANG, Z.-F.; YUAN, Q.-M. Barium titanate ceramic inks for continuous ink-jet printing synthesized by mechanical mixing and sol-gel methods. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 18, n. 1, p. 150-154, 2008. [http://dx.doi.org/10.1016/S1003-6326\(08\)60027-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1003-6326(08)60027-8)
14. PRASAD, P. S. R. et al. Studies on rheology of ceramic inks and spread of ink droplets for direct ceramic ink jet printing. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 176, n. 1-3, p. 222-229, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.04.001>