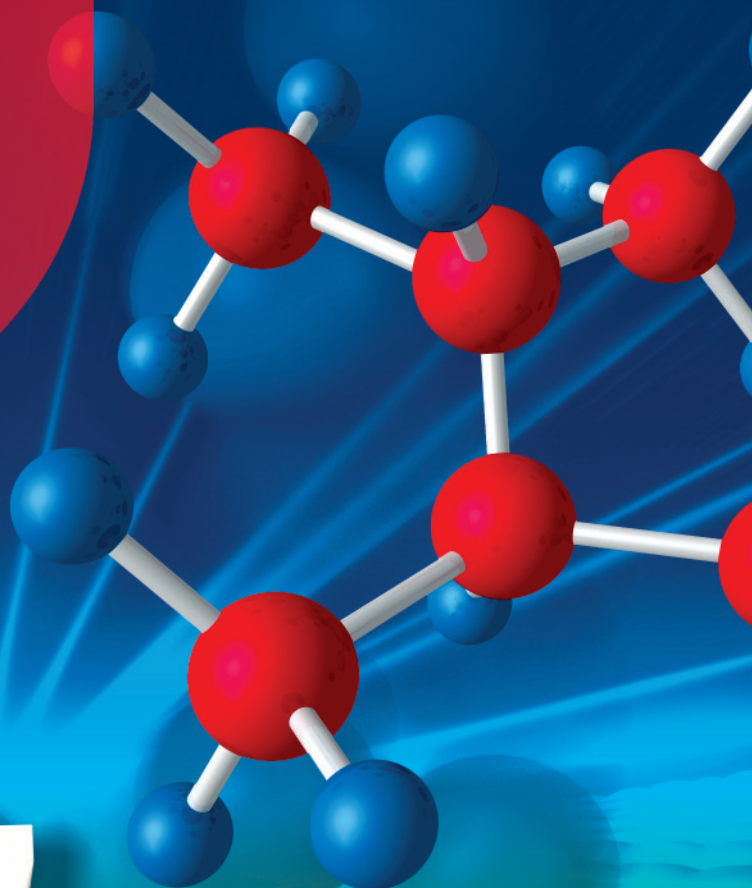


inovativa

REVISTA DO INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

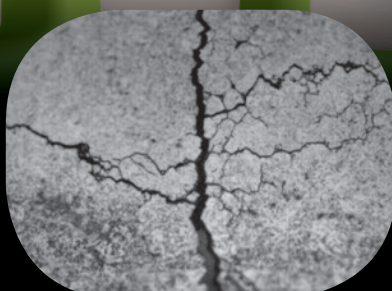
Ano 2, nº 11 - novembro | dezembro de 2015

INT e Oxiteno recebem
prêmio Kurt Politzer
de Tecnologia



RAAR 2015

Reunião Anual traça
futuro do INT.



Palavra do Pesquisador

Análise de falhas em metais.
Cássio Barbosa



Prêmio Qualidade Rio

INT é contemplado com a
categoria Prata.

Projeto do INT com a Oxiteno recebe Prêmio Kurt Politzer



Foto: Laurení Fochetto

Viridiana Ferreira-Leitão, pelo INT, e Giovanni Rosso, pela Oxiteno, recebem o Prêmio Kurt Politzer das mãos do coordenador da Comissão de Tecnologia da Abiquim, Paulo Coutinho, durante o 20º ENAIQ, no hotel Grand Hyatt, em São Paulo.

O processo verde de produção de uma especialidade química – usada na formulação de produtos de higiene pessoal e cosméticos – garantiu ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCTI) em conjunto com a Oxiteno o **Prêmio Kurt Politzer de Tecnologia** de 2015, na categoria Empresa. A premiação ocorreu no último dia 11 de dezembro, em São Paulo, no encerramento do 20º Encontro Anual da Indústria Química (ENAIQ), o mais importante encontro do setor, promovido pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim).

Desenvolvido a partir de um atendimento da Embrapii (Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial) pela sua Unidade INT, em parceria com a empresa Oxiteno, o processo para “Produção Biocatalítica de Ésteres” também foi objeto de depósito de patente no último dia 3 de dezembro. O projeto Embrapii foi coordenado pela pesquisadora Viridiana Santana

Ferreira-Leitão, chefe do Laboratório de Biocatálise, da área de Catálise e Processos Químicos do INT, contando também no seu desenvolvimento com a pesquisadora Ayla Sant’Ana da Silva e os bolsistas Lívia Ribeiro Vasconcelos de Sá, Juliana Pereira Vasconcelos e Luis Gabriel Valdivieso Gelves. Na Oxiteno, o trabalho foi conduzido por Giovanni Bernardi Rosso, Fabrício Vargas, Priscila Milani e Raquel da Silva.

Tecnologia premiada

Realizado por meio de biocatalisadores, o processo de produção premiado usa substratos renováveis e acontece em temperaturas mais amenas, sendo uma alternativa ao processo tradicional que necessita de solventes químicos e altas temperaturas. O processo biocatalisado reduz em até 60% a energia necessária e previne a formação de subprodutos indesejáveis. As condições brandas da reação e a

síntese seletiva promovida pelas enzimas previnem a formação de subprodutos, evitando assim várias etapas de purificação necessárias na síntese química para melhorar a cor e o odor dos produtos.

“O processo biocatalítico pode contribuir na redução do tempo de produção, diminui o risco ocupacional e as emissões em até 90%, gerando um produto mais seguro para o consumidor final, além de ser obtido através de um processo mais amigável para o meio ambiente” – destaca a chefe do Laboratório de Biocatálise do INT, Viridiana Ferreira-Leitão.

O prêmio

Lançado em dezembro de 2001 pela Abiquim, o *Prêmio Kurt Politzer* de Tecnologia tem como objetivo estimular a pesquisa e a inovação na área química no País, reconhecendo projetos de inovação tecnológica neste setor, que demonstrem a inventividade e a criatividade de empresas e pesquisadores. Além da categoria Empresa, vencida por INT e Oxiten, este ano, o prêmio inclui a categoria Startup (empresas nascentes de base tecnológica) – que contemplou a empresa Ipol Nanotecnologia, pelo projeto “Polímeros



Parte da equipe que trabalhou no projeto comemora o prêmio, no Laboratório de Biocatálise do INT. Na sequência: Leonardo Vitor Pazutti, Lívia Sá, Viridiana Ferreira-Leitão, Juliana Vasconcelos, Luís Gabriel Gelves e Ayla Sant'Ana.

de alto desempenho aditivados com nanomateriais de carbono”. Pela categoria Pesquisador, receberam o Kurt Politzer o trio formado pela professora Vanderlan da Silva Bolzani, professor João Batista Calixto e professora Maria Luiza Zeraik, pelo projeto “Utilização sustentável da polpa dos frutos de umbu e umbu-cajá: produtos naturais fenólicos de alto valor agregado para a indústria de cosméticos com propriedades antienvhecimento”. ●

INT conquista categoria Prata do Prêmio Qualidade Rio 2015

O Instituto Nacional de Tecnologia (INT) conquistou a categoria prata do **Prêmio Qualidade Rio (PQRio) - ciclo 2015**. Realizado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços do estado do Rio de Janeiro, em parceria com empresas fluminenses, o prêmio é concedido às instituições públicas e privadas que demonstram esforços efetivos direcionados à excelência na gestão.

Tendo como parâmetros os critérios de excelência do Plano Nacional de Qualidade

(PNQ), estabelecidos pela Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), a escolha do PQRio levou em conta o *Relato de Gestão do INT-2014* e avaliações da visita de examinadores, realizada em novembro de 2015. Entre os itens avaliados estão: liderança da alta administração, desempenho relativo aos clientes, gerenciamento do sistema de informações e de processos, desenvolvimento de recursos humanos e otimização dos custos.

A cerimônia de entrega dos troféus e certificados do PQRio acontece nesta segunda-feira (21/12), às 9h30, na Sala Cecília Meireles, na Lapa. ●

Reunião Anual de Avaliação de Resultados: *INT reúne propostas para o futuro*

Direção, gerentes, pesquisadores e colaboradores sugerem rotas para a estratégia do Instituto

Em um ano particularmente difícil para a área de Ciência, Tecnologia e Inovação, com redução de investimentos e cortes orçamentários, a avaliação dos cenários externos foi decisiva para o surgimento de propostas na 9ª Reunião Anual de Avaliação dos Resultados (RAAR), que, encerrou as atividades do 31º Congresso Interno do Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Reunidas no prédio da Universidade Corporativa Estácio de Sá, nos dias 1º e 2 de dezembro, 92 pessoas do corpo funcional do Instituto participaram do evento, avaliando os resultados de 2015 e buscando subsídios para possíveis mudanças no *Mapa Corporativo*, com a perspectiva de subsidiar o novo *Plano Diretor da Unidade (PDU 2016-2020)*.

Na abertura, o diretor Fernando Rizzo destacou a oportunidade dos participantes – incluindo os coordenadores, chefes de Divisões, Setores, Seções e Núcleos, juntamente com seus substitutos, e convidados – de encaminharem sugestões e sobretudo ouvirem as análises e percepções das outras áreas. Reforçando a importância do planejamento estratégico e da cultura de resultados, o diretor manifestou esperança de que o trabalho atual possa servir de base para aprimorar a excelência do INT e a sua importância para o País. O novo alinhamento da estratégia se mostrou necessário para atingir as diretrizes de foco, excelência e internacionalização, definidas pela nova gestão. A chefe da Divisão de Estratégias, Maria Tereza Garcia Duarte, avaliou que a Reunião Anual teve

um resultado muito importante, levantando avanços e pontos de atenção para a organização, em um momento que coincide com a revisão da estratégia corporativa com vistas ao *PDU 2016-2020*. “A RAAR funciona como um evento que ausculta o ambiente interno, que este ano teve um conteúdo mais denso, incluindo aspectos do



O diretor Fernando Rizzo dá as boas-vindas aos participantes da RAAR 2015 e comenta os objetivos dos trabalhos.



Na tarde do primeiro dia de atividades, os grupos realizam sua primeira dinâmica, para diagnosticar avanços e desafios do INT.

ambiente externo por conta das mudanças no cenário dos investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação”, define a servidora.

Trajatória

Em sua apresentação, no primeiro dia da Reunião, Tereza Duarte traçou um histórico do planejamento estratégico realizado no INT desde 1990, quando o Instituto contratou uma consultoria externa para conduzir o processo. Ainda nessa década, o INT introduziu a cultura de resultados, que passaram a ser mapeados por uma matriz de indicadores proposta pela área de Gestão da Produção, e, em seguida, incorporou as matrizes BCG e SWOT. No início da década de 2000 o Instituto chegou a ter uma estratégia quase secreta – conhecida somente pela alta direção – mais tarde substituída pela metodologia da Embrapa, aplicada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), e ainda introduziu diretrizes estratégicas e a adaptação do

modelo de Marketing (4P's: pessoas, produto, processo e progresso), culminando com a criação da RAAR, em 2007. Em 2010, já com o objetivo de adotar a metodologia do *Balanced Scorecard (BSC)*, o evento *Future Search*, faria um grande mapeamento das tendências do INT, traduzido, a partir dos anos seguintes, em objetivos e metas bem definidos, que subsidiaram a elaboração do *Mapa Corporativo* e a revisão do último *Plano Diretor da Unidade (PDU 2011-2015)*.

O processo de gestão da estratégia foi assimilado pela Organização com a consolidação, do Mapa Corporativo, dos Painéis de Contribuição das divisões e das iniciativas estruturantes que continuam em execução, incluindo o redesenho dos processos de pessoas e suprimentos, a implementação do Escritório de Gestão de Projetos, melhorias no sistema de informação gerencial (Sigtec), programa de capacitação em gestão, integração dos instrumentos de gestão, Plano Estratégico Tecnológico (já executado na área

de Química Verde), revisão do modelo de negócios do INT, promoção da transversalidade, Plano de comunicação e Plano de marketing institucional.

Resultados e propostas

Os resultados dos anos anteriores foram apresentados pela equipe da Divisão de Estratégias. Ana Beatriz Salles mostrou resultados da RAAR 2014 e Tulio Chiarini, os resultados do INT entre 2013 e 2015. Com funções que avançaram, como o desenvolvimento de conhecimento tecnológico e de gestão para PD&I, a legitimação da cultura para inovação, o relacionamento com empresas com capacidade inovadora, a redução progressiva das novas entregas técnicas, a apresentação refletiu também o atual recrudescimento dos investimentos em inovação. De 132 entregas técnicas, realizadas no primeiro semestre de 2013, o Instituto passou a 37, no mesmo período de 2015.

Com foco na superação dos desafios deste cenário e na identificação de oportunidades e necessidades de realinhamento estratégico, foram realizadas três dinâmicas alternando grupos de trabalhos envolvendo todos os presentes, que discutiram e geraram sugestões nos temas “Diagnósticos: avanços e desafios”, “Cenários 2016-2020” e “Vencendo os desafios: propostas para os novos tempos”.



Participantes consolidam resultados do grupo para apresentação dos diagnósticos.



A gerente da área de Estratégias, Tereza Duarte, esclarece detalhes da metodologia dos trabalhos.

A primeira dinâmica buscou percepções e conhecimentos coletivos sobre os avanços e dificuldades enfrentados pelo INT no alcance dos seus objetivos estratégicos ao longo do período 2011-2015. As questões orientadoras da discussão – “O que avançou?”, “Como estamos?” e “O que impede o avanço?” – permitiram um diagnóstico rico que serviu de insumo para a última dinâmica. Foram apontados avanços, como a Implementação da gestão pela estratégia, a criação da Coordenação de Negócios, a atuação do INT na fase piloto no projeto Embrapii, a criação do Comitê de Assessoramento das Demandas Estratégicas de Química Verde (CADE-QV), dentre outros. Também foram detectadas áreas em que é preciso um esforço maior para melhorias, como as necessidades de parcerias estratégicas, de articulação política e de redesenho de alguns processos de gestão.

A segunda dinâmica evidenciou a importância da aplicação de cenários para o planejamento estratégico de longo prazo e permitiu a sensibilização quanto à incerteza do futuro. Na discussão, os participantes buscaram elementos que pudessem contribuir para a estruturação do novo *Plano Diretor da Unidade*, demandado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para o período

2016-2020. As palestras dos convidados externos ajudaram a levantar elementos para a discussão e diversas variáveis críticas foram analisadas, como a inserção internacional do Brasil, a concorrência de outros institutos de pesquisa e o impacto da política industrial e tecnologia. Entre os pontos destacados estiveram a ampliação da captação de negócios para a Unidade Embrapii INT, a reforma do Estado e a opção crescente dos consumidores por produtos sustentáveis.

A terceira dinâmica gerou propostas em relação aos avanços e desafios identificados anteriormente. Segundo a Divisão de Estratégias, as sugestões mais factíveis de serem executadas deverão ser divididas em iniciativas de curto, médio e longo prazos. Entre as propostas confirmou-se o foco na Embrapii, para que se utilize o recurso disponibilizado

pelo programa, a intensificação das iniciativas de prospecção de negócios e marketing, o aprimoramento do material de divulgação do INT e a identificação e capacitação de líderes futuros.

Os avanços e oportunidades identificados na 9ª RAAR pelas principais lideranças técnicas e gerenciais do INT compõem um conjunto de sugestões para iniciativas e ações de curto, médio e longo prazo, a serem implementadas ao longo de 2016, tanto em nível divisional, quanto corporativo. O *Mapa Corporativo* e o *Plano Diretor do INT* também irão incorporar essas contribuições, validadas pela Direção, com impactos positivos na Missão do Instituto e contribuindo para o alcance de sua Visão de “ser reconhecido como referência nacional até 2021 em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a inovação”.

Cenários externos revelados por especialistas reforçam importância da Inovação

Durante a 9ª RAAR, algumas experiências externas apontaram caminhos possíveis para o INT alcançar suas metas, diante das perspectivas apresentadas. Os cenários traçados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) até 2030, com seus insumos para o Planejamento Estratégico, foram apresentados pela assessora da Área de Pesquisas Econômicas do Banco, Lavinia Barros de Castro. A economista destacou alguns sinais do presente na Economia mundial, como o possível impacto da desaceleração da economia chinesa; dificuldades de recuperação sustentável da economia mundial, com agravamento das desigualdades sociais e baixo crescimento da produtividade; aumento dos eventos climáticos extremos e crises hídricas; e mudanças no plano tecnológico, que começam a revolucionar a forma de produzir e distribuir, com possibilidades de profundas rupturas com o mundo atual.



A assessora do BNDES, Lavinia Barros de Castro, revela cenários do planejamento estratégico do Banco até 2030.

Entre as tecnologias que começam a mudar drasticamente a geografia da produção e da inovação, mas que ainda geram incertezas para o futuro, a assessora do BNDES destacou quatro grupos: interconectividade (big data, internet das coisas, nuvem), automação (robôs, drones, veículos autônomos, impressoras 3D, inteligência artificial); Energia (armazenamento, renováveis, *shale gas*) e Bio (Biotecnologia, Biosíntese, Genética).

Lavinia Barros de Castro também destacou os sinais presentes da política nacional, como déficit de representatividade e disputa entre os poderes; novas demandas de setores da sociedade por prestação de contas e governança; “cruzada contra a corrupção”, com fortalecimento dos órgãos regulatórios e de fiscalização; judicialização das relações políticas e sociais; formas tradicionais de representação (sindicatos e partidos) sendo questionadas; ameaças à governabilidade. Do ponto de vista econômico e sociambiental, surgem dados como o envelhecimento da população, o baixo crescimento da produtividade, e também tendências positivas como a redução das desigualdades e uma agenda de sustentabilidade.

Nos variados cenários traçados até 2030, a economista mostrou que as possibilidades são muitas, indo desde um mundo com liderança compartilhada, pactos políticos, instituições fortes, aumento da oferta de infraestrutura, simplificação dos marcos regulatórios e governança, até uma ordem mundial de multipolaridade conflituosa, onde o Brasil pode tanto se beneficiar com condições econômicas favoráveis à exportação quanto agravar suas próprias crises externas. As incertezas, contudo, mostra a cenarização do BNDES, levaram o Banco a privilegiar o fomento à inovação, a sustentabilidade socioambiental e o desenvolvimento regional em seu *Mapa Estratégico Corporativo*. Entre os destaques da apresentação, um dado interessou especialmente os gerentes do INT: a única alteração no mapa do BNDES foi a inclusão na perspectiva de Desenvolvimento Sustentável e Competitivo, do objetivo estratégico de “Apoiar a estruturação de projetos e o desenvolvimento de instituições públicas”.

O diretor de Inovação da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), Bruno Gomes, por sua vez, mostrou um cenário atual e perspectivas para 2016. Diante de um momento de crise, com inflação e taxa de juros altas, queda do PIB, desequilíbrio das contas públicas e contas externas, ele destacou o investimento em P&D como fundamental para reverter esse quadro. O engenheiro eletrônico, pós-graduado em Gestão Empresarial e Gestão da Inovação, apresentou números que mostram uma grande retração na



O diretor de Inovação da FIRJAN, Bruno Gomes, fala sobre o cenário atual e tendências tecnológicas.

indústria brasileira, como a diminuição de 475 mil postos de trabalho na indústria de transformação no último ano.

Em relação à inovação, Bruno Gomes apresentou uma pesquisa do SENAI onde é apontado que 63,6% das empresas brasileiras se consideram inovadoras, sendo que apenas 26,2% concluíram inovações e, em mais da metade deste seleto grupo, a inovação se restringiu à compra de novas máquinas e equipamentos. Apenas 11,8% das inovações realizadas, culminaram com registros de patentes. Segundo o representante da Firjan, isso demonstra a falta que ainda há no País de uma cultura da inovação.

Os dados são reforçados no contexto internacional, que revela que as empresas brasileiras ainda arcam com menos da metade do investimento em inovação, enquanto países como EUA e Alemanha, investem 66%; a Índia, 69%; a Coreia do Sul, 73%, e a China, 75%. No ranking de competitividade e empreendedorismo, de 44 países avaliados pelo Fórum Econômico Mundial, o Brasil, com 6%, ocupa o último lugar em oferta de produtos ou serviços inovadores, ficando atrás de países como Jamaica, Malásia, Uganda e Trinidad Tobago.

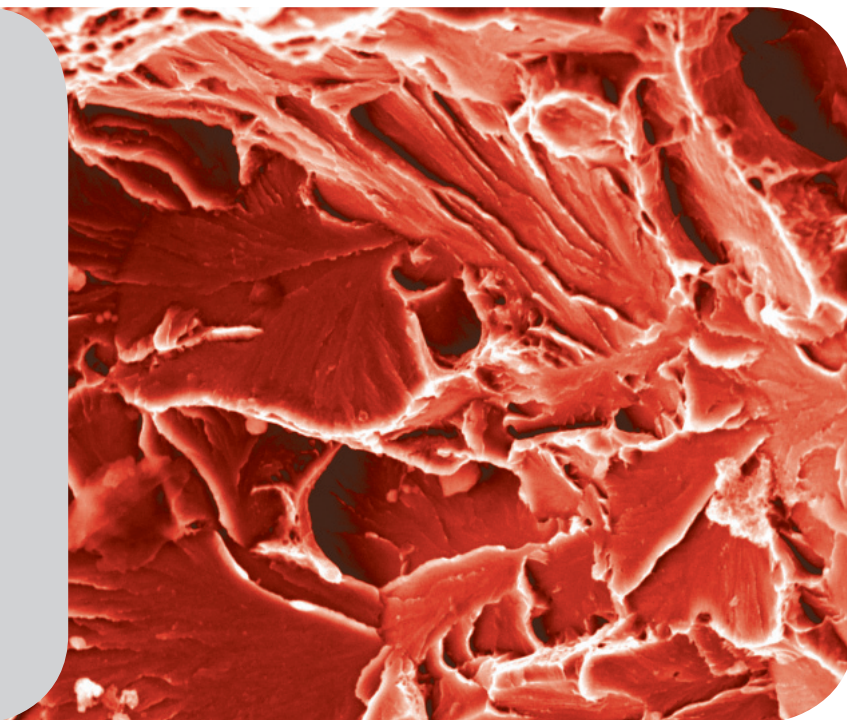
Bruno Gomes destacou novas tecnologias que o Brasil deveria alcançar, como a indústria 4.0, que inclui a internet das coisas, manufatura digital, novos materiais, robotização, sensores e energias renováveis. Por fim, o diretor da Firjan ressaltou a vantagem competitiva que o INT tem por ser uma Unidade Embrapii.●

Análise de Falha por Observação em MEV de Fratura de Materiais Metálicos

Cássio Barbosa

Tecnologista do Laboratório de Caracterização de Propriedades Mecânicas e Microestruturais, da área de Ensaio de Materiais e Produtos do INT; membro do Comitê Gestor do Cenano e coordenador do projeto Faperj Desenvolvimento de Titânio e Liga de Titânio Nanoestruturados para Aplicação em Implantes Ósseos por Metalurgia do Pó e ECAP (IMPECAP). Engenheiro metalúrgico com doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UFRJ.

· *Palavras-chave: Análise de falha, microscopia, fratura, materiais metálicos.*



Análise de falhas é uma metodologia que emprega vários tipos de técnicas analíticas para investigar as causas do surgimento de qualquer tipo de defeito que comprometa ou inviabilize o uso de algum componente metálico ou possa levar ao colapso de algum equipamento ou estrutura.

Geralmente estas causas estão relacionadas com diferentes possibilidades: o uso de materiais inadequados, a presença de defeitos que surgem durante o próprio processo de fabricação do material, erros de projeto, de montagem ou de manuseio/utilização.

O conhecimento detalhado sobre essas causas, e a correção dessas anomalias, contribui para melhorar o desempenho de equipamentos similares, evitando a repetição do mesmo tipo de falha, não apenas melhorando seu comportamento em termos de funcionalidade,

mas também garantindo o atendimento a requisitos de segurança.

No caso de materiais metálicos, a análise de falhas busca correlacionar a aparência visual da superfície de fratura com uma possível causa para essa anomalia, ao utilizar técnicas e microscopia, particularmente a microscopia eletrônica de varredura (MEV), embora outras técnicas também possam ser utilizadas de forma complementar, como a caracterização microestrutural por microscopia ótica e ensaios mecânicos, como, por exemplo, ensaios de dureza, que também são técnicas bastante úteis neste tipo de investigação [1-3].

Tipos de falha

Embora geralmente a falha de componentes e estruturas metálicos resulte da combinação de mais de um tipo e causa, convém classificá-los em

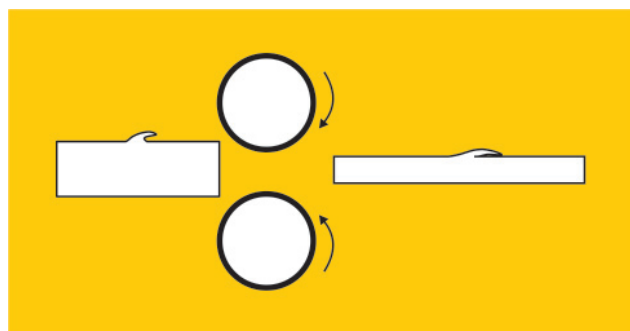
quatro tipos distintos; distorções, fratura, corrosão e desgaste [3]. A seguir, o tipo de falha mais comumente encontrado em materiais metálicos será descrito com mais detalhes.

Fratura

Basicamente, a fratura de materiais metálicos pode ser definida como a separação de uma porção unitária de material metálico em duas ou mais partes, através da ruptura das ligações entre os átomos que compõem esses materiais metálicos. As causas e mecanismos de fratura podem ser vários e distintos.

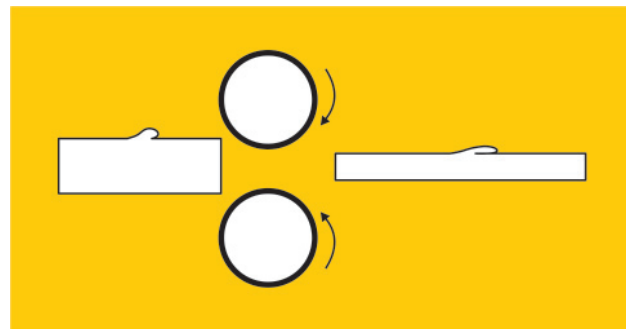
Frequentemente a fratura de um material metálico está associada à presença de descontinuidades pré-existentes, que muitas vezes surgem durante o processo de fabricação. Os defeitos mais comuns, que favorecem a ocorrência da fratura, podem ser classificados em cinco categorias [4]:

A – Dobras ou “cascas” (“*lap seams*”): geralmente formadas durante a laminação a partir de rebarbas, quando estas não são removidas por lixamento, rebarbação ao algum outro tipo de remoção mecânica. Quando se efetua a laminação, essas dobras/cascas acarretam naturalmente o surgimento de uma interface, muitas vezes oxidada superficialmente, entre essa “casca” fracamente aderida e o restante do material adjacente, assim formando uma descontinuidade que, como concentrador favorece o surgimento de trincas inicialmente subsuperficiais, que se propagam, podendo levar à fratura do material.



B – “Lágrimas” (“*cold shut*”): geralmente surgem como pequenas protuberâncias sobre a superfície do tarugo ou placa fundida, que ainda líquidas “respingam” sobre este pré-produto e nesta região

superficial permanecem, se não foram removidas mecanicamente por corte localizado do material ou algum tipo de remoção mecânica, como no caso anterior. Assim, durante o processamento posterior do tarugo por extrusão, ou da placa por laminação a quente, a deformação, associada a estes processos de conformação mecânica, introduz uma interface semelhante entre esta protuberância não aderida e o restante do material, apresentando o mesmo tipo de consequência negativa descrita no caso anterior.



C – Trincas: podem ser originadas por diferentes motivos, entre os quais associadas aos defeitos descritos anteriormente, porém também podem ser provenientes de outros tipos de causas. Podem ser classificadas em dois grupos principais: “trincas a frio”, que surgem em baixa temperatura, ou à temperatura ambiente, geralmente como resultado de algum tipo de fragilização do material, interna, devido a algumas características desfavoráveis intrínsecas do material, ou externas, devido à presença de algum agente fragilizante externo, como hidrogênio, gás sulfídrico (H_2S) e outros; e “trincas a quente”, que surgem em temperaturas mais elevadas, como resultado de contração e/ou dilatação térmica, ou pela formação de fases de baixo ponto de fusão nos contornos dos cristais (também conhecidos como “grão” devido ao seu formato), de qualquer modo associadas com algum tipo de solidificação heterogênea durante o resfriamento a partir de altas temperaturas. De qualquer modo, trincas são defeitos extremamente nocivos, que claramente levam à ocorrência de fratura.

D – Porosidade: o surgimento de poros está essencialmente associado a processos de fabricação de metais/ligas metálicas que

envolvem fusão, total ou parcial, destes materiais, como fundição e soldagem, mas também pode surgir como decorrência de bem processos diferentes, como os da chamada metalurgia do pó. Dependendo do nível de porosidade, basicamente de parâmetros como densidade, distribuição e tamanho dos poros, alguns critérios específicos de normas e outros documentos técnicos podem estabelecer padrões para aceitação de algum nível mínimo ou residual de porosidade assim tolerado, por não ser considerado nocivo para certos tipos de aplicação destes materiais/ produtos, mas geralmente poros, principalmente alinhados são defeitos que podem atuar como concentradores de tensões, favorecendo a iniciação e propagação de trincas.

E – Partículas de inclusões não metálicas: apresentam características/propriedades muito diferentes da matriz metálica e consequentemente comportamento muito diferente desta sob qualquer tipo de carregamento mecânico. Assim, geralmente estas partículas, óxidos, sulfetos e outros tipos de compostos, são mais frágeis do que a matriz metálica e a sua interface com esta matriz pode apresentar o aspecto de descontinuidade. Ambos esses fatores podem contribuir significativamente para a ocorrência de trincas que levam à fratura dos materiais metálicos contendo estas inclusões não metálicas.

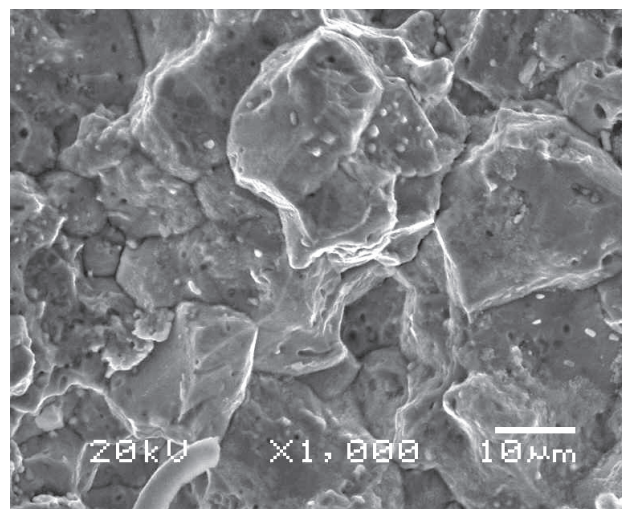
Tipos de Fratura de Materiais Metálicos

A – Fratura dúctil: sua superfície apresenta aspecto irregular, rugoso, ou “fibroso”, causado por deformação plástica (permanente), geralmente contendo microcavidades (“dimples”).

B – Fratura frágil por clivagem (transgranular): apresenta um aspecto facetado, atravessando de forma homogênea/semelhante vários cristais (“grãos”), ocorrendo pela quebra de ligações entre

átomos segundo planos cristalinos (de empilhamento de átomos) com orientações específicas.

C – Fratura frágil intergranular: geralmente é causada pela presença de algum agente fragilizante externo ao material, como hidrogênio, gás sulfídrico (H₂S) ou algum meio que propicie a ocorrência de corrosão sob tensão, sendo portanto o resultado da conjugação de dois tipos de falha: corrosão e fratura. Como consequência, a trinca se propaga entre os grãos os separando e, no plano da superfície de fratura, apresenta um aspecto “granular”, onde estes grãos são evidenciados.



D – Fratura por fadiga: resulta do carregamento cíclico, mas pode ser acelerada pela presença de defeitos (descontinuidades) na superfície do componente metálico, os quais atuam como concentradores de tensões. Diferencia-se do carregamento monotônico justamente por essa variação das tensões atuantes, que podem apenas variar de um nível mais alto para um nível mais baixo, ou mesmo variar de tração para compressão. Visualmente a superfície de fratura por fadiga apresenta características de avanço progressivo da trinca/fratura, como as chamadas “marcas de praia” visíveis já com baixas ampliações (50 ou 100 X) e também as chamadas “estrias de fadiga” com maiores ampliações (1000 X ou acima) no MEV. ●

[1] Wouters, R.; Froyen, L.; “Scanning electron microscope fractography in failure analysis of steels”; Materials Characterization, 1996, 36, 357-364.

[2] ASM Handbook, Failure Analysis and Prevention, vol 11, ASM (American Society for Metals), Second printing, Materials Park, Ohio, 2004, 1164 p.

[3] ASM Handbook, Fractography, vol 12, ASM (American Society for Metals), Sixth printing, Materials Park, Ohio, 2009, 517 p.

[4] ASM Handbook, Volume 12, Fractography, ASM (American Society for Metals), Sixth printing, Materials Park, Ohio, 2009, 517 p.



INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

Unidade EMBRAPII INT ✓

TECNOLOGIA QUÍMICA INDUSTRIAL

Subáreas

Exemplos de Linhas de Atuação

Tecnologia Química Orgânica

Polímeros

Tecnologia Química Inorgânica

Cerâmicas / Metais / Catalisadores

Processos Químicos

Catálise e biocatálise

Processos Físico-Químicos

Corrosão e biocorrosão

Como participar

A **Unidade EMBRAPII INT** está pronta para atender a sua empresa, avaliando as perspectivas de desenvolvimento conjunto de produtos e processos inovadores.

Entre em contato pelo e-mail embrapii@int.gov.br ou fale conosco pelo telefone (21) 2123-1267.