

# **A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO E A APLICAÇÃO DA METROLOGIA NA INTERFACE DA GRADUAÇÃO x CHÃO DE FÁBRICA**

## **Área Temática: Formação engenheiro e novas possibilidades de atuação**

**Sandro da C. Silva<sup>1</sup>, Daniel P. M. Santos<sup>2</sup>,  
Patrícia M. de Souza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Federal Minas Gerais - IFMG, Campus Governador Valadares - Governador Valadares-MG - sandro.costa@ifmg.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal Minas Gerais - IFMG, Campus Governador Valadares - Governador Valadares-MG - d.profeta@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto Federal Minas Gerais - IFMG, Campus Governador Valadares - Governador Valadares-MG - patricia.vivoempresas@gmail.com

### **Resumo**

A metrologia é uma ciência muito importante para a o desenvolvimento de uma nação. O estudo de medidas padronizadas internacionalmente possibilita a adaptação das empresas às demandas da sociedade por produtos de qualidade. Apesar da grande importância da metrologia, no Brasil os estudos e pesquisas na área não recebem muita atenção. Este trabalho busca divulgar o método de ensino de metrologia empregado no curso de engenharia de Produção do Instituto Federal Minas Gerais campus Governador Valadares, destacando os tipos de experimentos realizados no laboratório da instituição, bem como a integração dos alunos com sociedade através de projetos extensionistas e visitas técnicas, outro ponto relevante no método consiste na defesa de práticas mais sustentáveis de produção por parte das empresas.

**Palavras chave:** Metrologia; Engenharia de Produção; Sustentabilidade.

# 1 Introdução

A crescente globalização e o estreitamento das barreiras das relações comerciais evidenciou a busca por produtos de qualidade, potencializaram o desenvolvimento da metrologia em função da necessidade de harmonizar as relações de importação e exportação, cenário cada vez mais competitivo e complexo envolvendo inúmeras variáveis, demandando medidas de incerteza cada vez menores. Seguindo esse raciocínio a metrologia tornou-se indispensável no ambiente fabril, consolidando-se como uma das principais ciências empregadas na indústria para controle, análise e acompanhamento dos processos da cadeia produtiva.

Para que uma nação se desenvolva com uma indústria competitiva, é necessário que os processos de fabricação de produtos sejam de qualidade e que atendam as conformidades e universalidade exigidas. A metrologia é um pilar fundamental que sustenta os processos de fabricação contribuindo para obtenção de produtos com elevado nível de qualidade, confiabilidade e segurança.

Apesar da grande importância da metrologia para o desenvolvimento da indústria, no Brasil os investimentos em educação na área de metrologia ainda não recebem muita atenção. O investimento em ensino da metrologia, tanto no que se refere ao ensino técnico e ou a inserção de tópicos da metrologia na matriz curricular de cursos superiores está diretamente ligado à capacidade dos processos produtivos industriais em fabricar produtos que atendam a qualidade, conformidade, confiabilidade e normas necessárias, colaborando para o desenvolvimento das empresas brasileiras, tornando-as mais competitivas.

A necessidade do ensino da metrologia nos cursos de engenharia é mais evidente ainda, haja vista, que profissionais desta área trabalham diretamente na indústria, sendo os responsáveis por realizarem medições experimentais e implementação de normas regulamentadoras.

A matriz curricular da Engenharia de Produção no IFMG está estruturada em referência às diretrizes da educação superior no Brasil, sendo constituída por disciplinas técnicas e científicas. No desenvolvimento das disciplinas técnicas tais como: “Controle estatístico da qualidade”, “Desenho Computacional” e, “Processos industriais” são fundamentais levando em consideração os princípios da metrologia. A metodologia de ensino na engenharia com vistas a integração da metrologia como cadeira permanente e estratégica vem de encontro com o estabelecido no plano das diretrizes estratégicas para a metrologia Brasileira 2013-2017.

A metrologia na formação do engenheiro tem papel fundamental na construção do seu perfil profissional agregando e desenvolvendo no mesmo as competências e habilidades necessárias para desempenhar suas funções no campo de atuação desejado. Considerando as três grandes áreas de atuação da metrologia: científica, industrial e legal.

Além da demanda de profissionais na área industrial, sobretudo metrológica, observa-se uma tendência na busca por engenheiros que tenham uma visão holística, ou seja, fatores sócio-ambientais devem ser considerados na análise do perfil, um olhar de sustentabilidade nos processos é uma realidade tanto para sobrevivência da empresa quanto para o desenvolvimento da sociedade em todos os seus aspectos.

## **2 Objetivo**

O objetivo desse trabalho é apresentar a metodologia do ensino da metrologia no curso de engenharia de produção do IFMG-GV, com ênfase aos experimentos realizados e as visitas técnicas às empresas de produção da região de Governador Valadares-MG. Para tanto, será destacado a fundamentação teórica no relato das experiências vivenciadas pela equipe do projeto de extensão sobre estudos em metrologia, considerando a interface da graduação acadêmica com as atividades rotineiras de empresas de produção industrial.

## **3 Metodologia**

Este estudo se desenvolve através da proposta pedagógica de ensino da metrologia aplicada à indústria com ênfase na fundamentação teórica. O ensino da metrologia inicia-se no 1º período do curso de engenharia de produção, com a oferta da disciplina de metrologia básica, nesta etapa propõe-se instrumentar o discente dos conceitos fundamentais da metrologia, bem como seus parâmetros dimensionais de grandezas e unidades definidas no SI (Sistema Internacional de Medidas), e domínio da linguagem técnica do VIM (Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia).

O estudo e uso de instrumentos de medições é uma premissa para a consolidação do conhecimento metrológico, tanto para os alunos tomam conhecimento do conceito, finalidade e composição de instrumentos como: paquímetro, micrômetro, goniômetro, durômetro, dentre outros. Esta instrumentação tem o objetivo de desenvolver a competência em

identificar, especificar e manusear instrumentos de medições, esse processo de ensino-aprendizagem é realizado no 8º período de engenharia.

Na busca por um profissional diferenciado no mercado, que seja capaz de desenvolver a empresa ao qual irá atuar e contribuir para o desenvolvimento da sociedade, a metodologia de ensino alia tanto a fundamentação teórica prevista na ementa do curso, bem como o recurso de visitas técnicas, alinhado com a realização de projetos de extensão, além da plena discussão de temas vinculados ao desenvolvimento sustentável.

#### **4 Sustentabilidade na engenharia**

O conceito de sustentabilidade, por parte das organizações, vem se alterando ao longo do tempo para o consenso de que é preciso sobreviver no mercado sem comprometer as gerações futuras. O paradigma de que produzir de forma sustentável acarreta em prejuízos vem sendo contestado, ou seja, as empresas já não tratam as questões que permeiam o desenvolvimento sustentável como um entrave, sobretudo financeiro.

Esse pensamento retrógrado acerca das práticas sustentáveis se devia ao fato de que as empresas planejavam em curto prazo, visando produzir em sua máxima eficiência, de modo que as questões sustentáveis configuravam-se como um gargalo, sendo, portanto, evitados. Contudo, com as novas exigências de mercado, sobretudo no que tange a qualidade e conformidade de produtos e processos, algumas empresas passaram a enxergar a sustentabilidade como uma vantagem competitiva.

Nesse sentido, a sustentabilidade passou a ser entendida de forma integrada, englobando outros aspectos e não apenas as questões ambientais e econômicas, sendo que fatores sociais foram fortemente inseridos nas pautas de discussões que remetem ao desenvolvimento sustentável. De maneira geral as definições procuram integrar viabilidade econômica com prudência ecológica e justiça social, nas três dimensões conhecidas como “tripé da sustentabilidade”. (ALMEIDA, 2002; MOURA, 2002). Ou seja, é necessário para a organização que o seu projeto de negócios seja viável economicamente, que não cause danos ao ambiente que esteja inserido e que contribua para o desenvolvimento da sociedade que o cerca.

Geralmente, quando o assunto é sustentabilidade, as pessoas instintivamente o relacionam com o tema meio ambiente, além disso, as discussões sobre questões sustentáveis estão normalmente restritas a profissionais ligados à esfera ambiental, como por exemplo: biólogos, engenheiros ambientais, agrônomos, dentre outros. Esse fato configura-se

como um contraponto do que é tido como sustentabilidade nos moldes atuais, ou seja, as pautas de sustentabilidade deveriam englobar representantes de todos os segmentos e não apenas direcionados aos profissionais da área ambiental.

Partindo dessa necessidade de possuir um número maior de profissionais engajados nessas questões de sustentabilidade, a sistemática de ensino praticado nas disciplinas de metrologia, busca um alinhamento com essas práticas, entendendo que o profissional de engenharia de produção, muitas das vezes vem sendo designado para traçar o planejamento estratégico da organização, necessita dessa consciência.

Portanto, a nova tendência de mercado aponta para um engenheiro que tenha habilidades técnicas e competências que o diferenciam dos demais. Um profissional que possua o pensamento crítico, e ideal voltado para a sustentabilidade se coloca num patamar de destaque. É importante que o engenheiro tenha a visão de que a empresa necessita produzir e gerar lucros, contudo, que não seja, admitido métodos de trabalho e remuneração que explorem o colaborador. O ideal é manter o equilíbrio entre o lucro empresarial, preservação do meio ambiente, além do bem-estar dos funcionários e o fomento ao desenvolvimento da sociedade local.

## **5 Experimentos**

Os estudos de metrologia em cursos de graduação possibilita que o estudante obtenha base e melhore o entendimento de outras disciplinas importantes da ciência. A abordagem desenvolvida nos experimentos do laboratório do IFMG-GV através de realização de medições, estudos das amostras, cálculos as incertezas das aferições e expedição de laudo técnico, fomenta o entendimento do funcionamento de pesquisas ligadas a metrologia, dando base e estimulando a atuação desses estudantes no mercado de trabalho e até mesmo na continuidade dos estudos nessa linha de pesquisa.

### **5.1. Experimento com Durômetro**

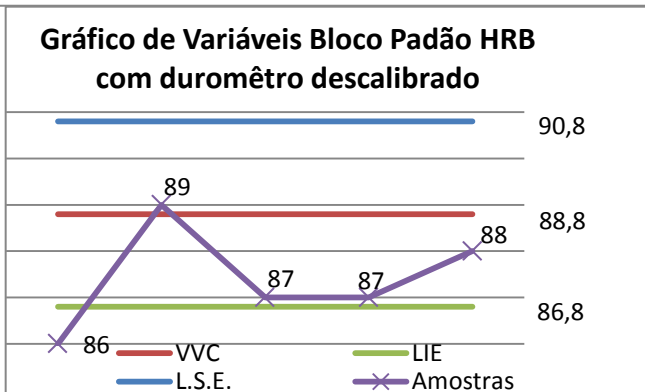
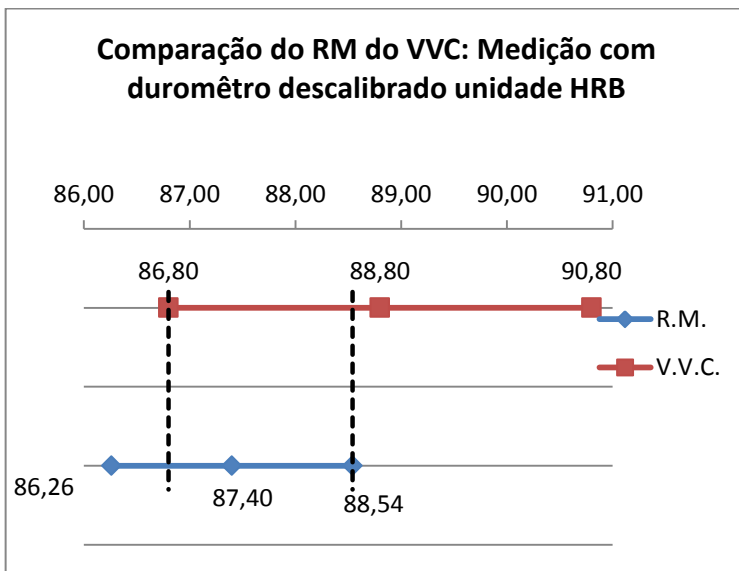
Objetivo deste experimento foi realizar o ensaio de dureza através de um equipamento especificado para durezas em Rocwell (durômetro de bancada para atender a norma ASTM E-18), para medir a resistência superficial de um material a penetração de um penetrador padronizado de metal duro e de diamante. Este é um dos vários ensaios de materiais

utilizados na indústria, é possível determinar importantes propriedades mecânicas dos materiais como resistência a abrasão, ao risco, forças de corte e cisalhamento; todas essas propriedades fundamentais para determinar a aplicação dos materiais e controlar rigorosamente a condição superficial.

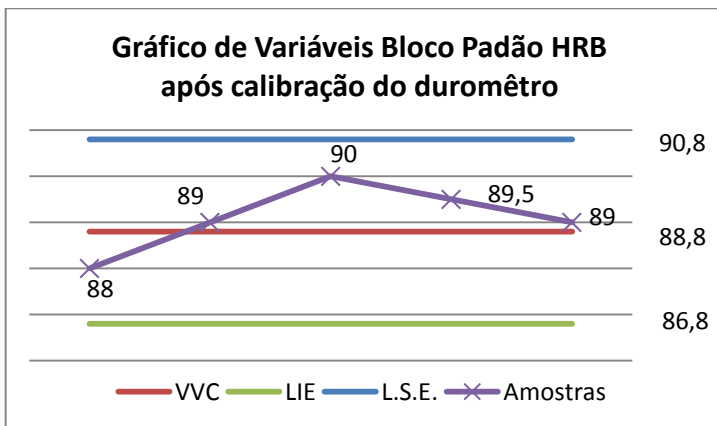
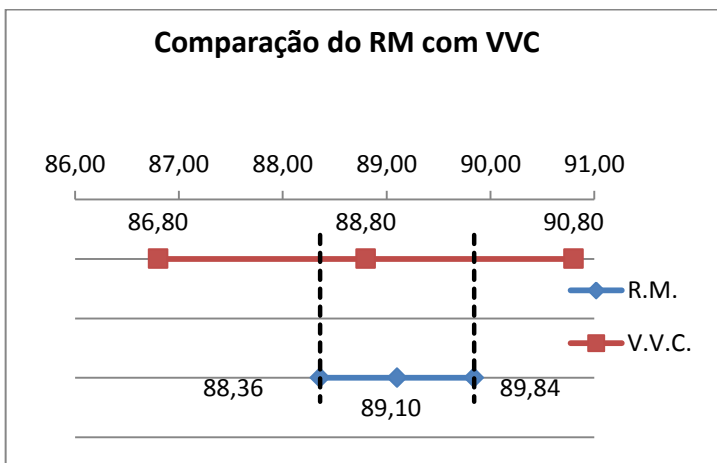


Figura 01- Realização do ensaio de dureza. Fonte: autores do artigo (2014)

Neste experimento realizamos dois conjuntos de medições, uma em HRB e outra em HRC, seguindo os procedimentos recomendados pela ASTM E-140 e ASTM E-18 e um resultado inesperado foi encontrado, o durômetro estava descalibrado, sendo necessário posteriormente executar um procedimento de ajuste no equipamento para refazer as medições e verificar a condição de conformidade após calibração, o que foi confirmado pelos resultados encontrados nos cálculos de erros realizados representados nos gráficos a seguir:



Gráficos 01/02 - Comparações de medições(01) e gráfico de variáveis em HRB(02). Fonte: ensaio de dureza realizado no IFMG-GV (2014)



Gráficos 03/04 - Comparações de medições x padrão(03) e gráfico de variáveis pós-calibração em HRB (04). Fonte: ensaio de dureza realizado no IFMG-GV (2014)

## 6 Visitas Técnicas

Outra parte importante da metodologia adotada na disciplina de metrologia no IFMG-GV refere-se à busca pela realização de visitas técnicas em empresas que desempenham atividades na área metrológica, afim que os estudantes vivenciem na prática as teorias vistas em sala de aula. A realização de visita técnica é parte fundamental para a formação



profissional representando a oportunidade de o estudante visualizar a realidade do processo produtivo.

Nesse sentido, é importante destacar a relação entre estudante e operadores, pois através dessas visitas propiciam a troca de saberes entre os mesmos e representa a oportunidade dos estudantes aprenderem com quem vivencia esse processo diariamente, além da possibilidade de contribuir de alguma forma para o desenvolvimento dessa empresa ou até mesmo sugerir uma nova forma de operação que seja mais favorável ao trabalhador.

Podemos destacar a visita técnica realizada no 29/05/2014, onde os estudantes de engenharia de produção matriculados na disciplina de metrologia aplicada visitaram uma retífica de motores, ramo importante da indústria onde as tolerâncias e incerteza de medições são muito baixas, demandando assim um controle rigoroso do processo metrológico.

Na ocasião da visita os estudantes visualizaram todas as etapas da retificação de motores. Foi possível acompanhar a utilização dos instrumentos de medição tais como: paquímetro, micrômetro e o súbito no processo de usinagem das peças retificadas.

A visita propiciou que estudantes observassem como o processo de fabricação de peça demanda um controle rigoroso de qualidade, e a importância de um profissional que domina conhecimento em unidades de medidas para o sucesso do sistema de produção em empresas desse segmento.

Outra experiência digna de relato, refere-se ao fato do gerente de produção se colocar à disposição sobre eventuais dúvidas relativas ao processo e também aberto à sugestões. Dessa forma, os estudantes puderam perguntar sobretudo no que diz respeito aos instrumentos de medição, com ênfase no seu manuseio e leitura. Além disso, componentes da empresa de consultoria Jr do IFMG “SGE” abordaram o gerente de produção e dono da empresa, com sugestões de melhoria, principalmente no tocante à Segurança do Trabalho e dessa forma foi proposto uma parceria entre as partes.



Fig.02. Estudante Larissa Delfino sob orientação do operador realiza medida do diâmetro de um eixo virabrequim utilizando o micrometro.

Fonte: autores do artigo (2014).

## **7. A contribuição do Projeto Extensionista para formação do Profissional**

Um projeto de extensão pode ser encarado como uma atividade que visa solucionar um problema, sobretudo social, através de pesquisa e com auxílio de conhecimentos teóricos adquiridos, de modo a gerar uma ação que solucione e/ou amenize o problema identificado. Dessa forma, um projeto extensionista visa integrar universidade e sociedade, englobando aspectos sociais, econômicos e culturais.

A metodologia de ensino adotada busca transmitir todo o conteúdo contido na matriz curricular que o mesmo leciona, em paralelo com o desenvolvimento de um projeto de extensão. Com isso, os estudantes de engenharia que venham a compor o grupo do projeto de extensão, tem a possibilidade de aprofundar os conhecimentos teóricos sobre o tema, adquirir experiência prática na área em virtude de acompanhamento periódico nas empresas parceiras e oferecer algum tipo de contribuição e orientação para essa organização.

A título de caracterização, cabe destacar o projeto de extensão “Teoria do Corte”, voltado para área de usinagem de materiais metálicos,

desenvolvido em 2012 e 2013, que consistiu em uma análise de resíduos sólidos oriundos de processos de usinagem, comumente conhecido no setor mecânico como “cavaco”. Esse projeto, em vias gerais, realizou estudos relativos à velocidade de corte, profundidade, temperatura de usinagem e sobretudo propôs a criação de um diagrama relacionando esses parâmetros com o tipo de cavaco gerado e a qualidade superficial da peça usinada. Com o uso desse diagrama é possível que um operador iniciante, tenha uma orientação de como o parâmetro adotado no processo de usinagem afetaria a qualidade superficial da peça. Além disso, a utilização desse diagrama auxilia na separação dos resíduos da usinagem e conseqüentemente contribuindo para seu devido descarte ou aproveitamento.

Outro ponto de destaque observado nessa metodologia diz respeito a realização de um seminário , ao final do período letivo, onde são apresentados vários trabalhos pela turma referente ao conteúdo da disciplina, e nessa ocasião os bolsistas de extensão sob a tutela do orientador, apresentam os resultados e experiências vivenciados ao longo do desenvolvimento do projeto de extensão. Fato este que fomenta os demais estudantes à se interessarem pela pesquisa extensionista em toda sua esfera, ou seja, não se restringindo somente a área da metrologia.

Em suma, considera-se essa integração entre conteúdo teórico e desenvolvimento da pesquisa extensionista importante para a formação de um profissional da engenharia de produção. Ou seja, todo esse processo de acompanhamento nas empresas parceiras contribui para que o estudante adquira uma formação mais sólida, pautada na vivência e experiência real dos processos produtivos. Devido à esse contato com a pesquisa de extensão, o estudante adquire um pensamento crítico em relação à aspectos sustentáveis, ou seja, desperta-se o interesse por problemas sociais e com isso ele é tentado a propor soluções que os contornem.

## **8. Conclusão**

As exigências de mercado, sobretudo industrial demanda cada vez mais por produtos de qualidade e processos que apresentem conformidade e confiabilidade. Para tanto, requer a formação de engenheiros diferenciados que tenham o conhecimento teórico-prático e apresentem um perfil diferenciado. A formação de engenheiros com conhecimentos da metrologia visa suprir essa necessidade e colaborar no atendimento dessa tendência de mercado.

Considera-se, portanto, que a metodologia de ensino da metrologia empregado no IFMG-GV, o qual aborda conhecimentos teóricos e práticos é vista como processo fundamental de aprendizado. A interação entre ensino e o projeto de extensão colabora para que essa aprendizagem se torne mais sólida, devido ao fato da possibilidade de vivenciar na prática as atividades vistas em sala de aula.

Contudo, essa metodologia de ensino não visa apenas consolidar o aprendizado teórico e prático, ele tem o propósito de incentivar o estudante a pensar além da conduta reativa, ou seja, que seja um profissional atento com outros aspectos, sobretudo no que versa as questões de sustentabilidade.

### **Referências Bibliográficas**

BERNARDES, Américo Tristão; SANTOS, Maria Cristina Onorato; CARDOSO, Carlos Adriano; SANTOS, Luiz Antonio Silva. **A metrologia e a avaliação da conformidade no ensino de engenharia: uma proposta do INMETRO**. COBENGE, 2010, Fortaleza-CE.

CST-Arcelor-Brasil. Metrologia Básica. SENAI ES, 2006. J. Lirani. **Introdução à Metrologia Industrial** - USP - Escola de Engenharia de São Carlos, 1982.

M.T., Restivo and C., Sousa. **Measurement uncertainties in the experimental field**. Sensor & Transducers Journal, Vol. 95, Issue 8, August 2008, pp. 1-12

MOURA, L. G. V.. **Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar: o caso dos fumicultores de Agudo**. Dissertação de mestrado. Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

Sistema Internacional de Unidades-SI–Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012.

SILVA, S.C.; CANGUSSU, Vinicius Melo; ELER, Mayara Louzada; MOREIRA, Daniel Profeta. **TEORIA DO CORTE. Projeto de Extensão do IFMG Campus Governador Valadares**, 2012.