

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE POS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

1. PARTICIPES

1.1. PROPONENTE

Razão Social FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DE PÓS-GRADUANDOS-FAPG				C.N.P.J. 10.405.698/0001-89
Endereço Rua Armando de Oliveira Cobra, 50 – Ed. New Worker Tower - Sala 409 – Jardim Aquarius				
Cidade São José dos Campos	UF SP	CEP 12246-002	DDD/Telefone (12) 3346-7004	Atividade Econômica Fundação de Apoio sem fins lucrativos

1.2. ANUENTE/INTERVENIENTE

Razão Social Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos – FATEC SJC				C.N.P.J. 62.823.257/0146-07
Endereço Av. Doutor Cesare Mansueto Giulio Lattes, nº 1350				
Cidade São José dos Campos	UF SP	CEP 12247-014	DDD/Telefone (12) 3905-4979	Atividade Econômica Autarquia

2. EMPRESA

Razão Social GENERAL MOTORS DO BRASIL S.A.		C.N.P.J. 59.275.792/0001-50
Responsável Técnico Carlos Yuji Sakuramoto		Telefone (11) 4239-2241
Endereço Av. Goiás, 1805, Santa Paula, São Caetano do Sul - SP		Empresa Privada

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO

TÍTULO: Monitoramento de Ferramentas de Estampagem via Visão Computacional no Espectro Infravermelho	PERÍODO DE EXECUÇÃO	
	INÍCIO	TÉRMINO
	01/11/2019	29/02/2020
DESAFIO TECNOLÓGICO O conceito de Indústria 4.0 está cada vez mais associado à utilização de sensores que fazem interface entre o mundo físico e o mundo virtual. Segundo pesquisas, até 2025 haverá 1 trilhão de sensores conectados à internet. Atualmente, a indústria tem utilizado um grande volume de dados (<i>big data</i>) associados à parâmetros de produção, de processo, de controle de qualidade e de logística. Os dados brutos extraídos por meio dos chamados sistemas ciber-físicos (CPS) são tratados e transformados em indicadores que ajudam no entendimento das operações como um todo. Ainda, combinando essas tecnologias com os avanços alcançados recentemente na área da inteligência artificial, é possível desenvolver processos industriais que são auto-gerenciados. Dentro deste contexto, a GMB vem desenvolvendo uma série de iniciativas de P&D para a		

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

implementação dos conceitos da Indústria 4.0 à cadeia de processos de conformação mecânica de chapas, onde o presente projeto se encaixa.

Os processos de manufatura automotiva envolvem uma série de forças externas, que por sua vez geram tensões residuais cumulativas, inviáveis de serem totalmente previstas de forma analítica ou numérica. O processo de conformação de chapas, em particular, envolve grandes não-linearidades oriundas da heterogeneidade de deformações plásticas e alterações volumétricas, assim como ciclos de dilatação e contração térmica. O elevado número de variáveis de processo e a carência de soluções de monitoramento dedicadas tornam o processo de conformação mecânica um dos mais difíceis de serem controlados dentro da cadeia produtiva.

Diante deste cenário, a presente proposta tem como objetivo o desafiador e inovador monitoramento da distribuição de temperatura nas matrizes de estampagem por meio de termografia infravermelha e identificar potenciais fatores de impacto (causas e consequências) na produtividade dos ferramentais de estampagem em processo de produção. Diferentes etapas do processo serão monitoradas na linha de produção da GMB e os resultados correlacionados com parâmetros operacionais, a fim de fornecer indicadores objetivos para controle do processo.

OBJETIVO

O principal objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um sistema de monitoramento da distribuição de temperatura em ferramentas de estampagem por meio de termografia infravermelha e imageamento digital. O sistema de imagem será composto por uma câmera infravermelha e câmeras digitais industriais, possibilitando a medição da temperatura em toda a superfície das matrizes e chapas em tempo real e sem necessidade de contato. Durante a fase experimental do projeto, o sistema desenvolvido será instalado na linha de estampagem da GMB São Caetano do Sul e dados adquiridos durante condições operacionais reais. Os dados serão utilizados para mapear o comportamento térmico das matrizes durante a operação, em correlação com parâmetros-chave do processo, como a distribuição de carga de fechamento das prensas e lubrificação das chapas. Algoritmos de visão computacional serão empregados, em combinação com estratégias de redução de dimensionalidade, para extração de características e indicadores. Parâmetros de qualidade de amostras dos componentes fabricados durante os ciclos de produção monitorados também serão avaliados e alimentados em um modelo de correlação com os dados adquiridos pelo sistema.

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

JUSTIFICATIVA

O processo de conformação de chapas é um processo de manufatura de extrema complexidade, que envolve cerca de 40 variáveis operacionais. Essas variáveis podem ser classificadas em quatro categorias: características da peça (propriedades do material, espessura da chapa, forma geométrica, etc.); características da matriz (acabamento da superfície, raio de canto, etc.); características da prensa (velocidade do punção, modos de vibração, etc.); e variáveis interativas (atrito, lubrificação, temperatura da matriz etc.). Essas variáveis apresentam uma correlação abstrusa, alvo de diversos estudos no meio acadêmico, com influência direta na qualidade final do produto. Como resultado, muitos problemas não podem ser previstos durante as etapas de *tryout* e testes das ferramentas, se manifestando apenas em condições operacionais de linha.

As principais diferenças entre os resultados obtidos na etapa de *tryout* e operação em linha se encontram nas variáveis interativas, por serem de difícil controle e previsibilidade. Durante ciclos produtivos, as matrizes e prensas são sujeitas a consecutivos golpes, produzindo milhares de peças de modo contínuo. O elevado nível de deformação plástica das chapas, associado ao atrito entre ferramenta e peça, geram um aumento expressivo de temperatura. Essa variação de temperatura induz a dilatação térmica das ferramentas que resulta em desvios geométricos das peças conformadas, comprometendo a qualidade final do produto.

Deste modo, o entendimento do fenômeno de geração e transferência de calor nas matrizes durante condições reais de operação é essencial para o controle efetivo do processo de estampagem. O sistema de imageamento proposto neste projeto possibilitará o monitoramento da distribuição de temperatura em toda a superfície das matrizes e chapas. Os dados coletados e processados pelo sistema de monitoramento serão transformados em indicadores objetivos das condições operacionais, podendo ser utilizados de modo ativo no controle do processo e alimentados aos modelos de inteligência artificial atualmente em desenvolvimento pela GMB.

RESULTADOS ESPERADOS

Através dos procedimentos de medição e monitoramentos a serem realizados ao longo da linha de estampagem, pretende-se compreender de forma mais aprofundada os fenômenos térmicos associados ao processo, sua influência na qualidade final das peças e correlação com parâmetros operacionais, tais como: nível de lubrificação das chapas, distribuição de força de fechamento das matrizes e alimentação dos *blanks*. Outros resultados diretos do projeto incluem:

- Concepção e desenvolvimento de sistema autônomo de medição de temperatura de matrizes de estampagem
- Mapeamento do comportamento térmico das matrizes de estampagem durante o ciclo operacional da linha
- Definição das etapas críticas do processo, assim como características geométricas das matrizes e peças, associadas à geração excessiva de calor
- Correlação dos mapas de distribuição de temperatura com parâmetros do processo e qualidade final dos componentes
- Geração de indicadores objetivos para controle do processo

Thiago Sofi J

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

4. COORDENAÇÃO DO PROJETO

Coordenador Geral: Hudson Alberto Bode	Instituição: FAPG	Período: Integral	Cargo: Diretor Financeiro
Coordenador Projeto: Prof. Dr. Hudson Alberto Bode	Instituição: FATEC	Período: 01/11/19-29/02/20	Cargo: Professor
Coordenador Financeiro: Katilcia Ribeiro Pires	Instituição: FAPG		

5. FASES E ENTREGAS

	Fases/Entregas	Descrição
1	Análise da Cadeia de Processo	Análise das etapas do processo
1.1	Mapa de etapas críticas do processo de estampagem	Identificação das etapas que apresentam maior influência na variação térmica das matrizes.
1.2	Revisão bibliográfica	Revisão de literatura científica e procedimentos internos aplicados ao controle de processo e qualidade de estampados.
2	Instrumentação	Aspectos referentes ao sistema de monitoramento
2.1	Estratégia de monitoramento por meio de termografia infravermelha e câmera RGB	Definição das câmeras e acessórios, assim como local de instalação, circuito de monitoramento e outros aspectos.
2.2	Rotina de monitoramento estrutural das prensas	Procedimentos para aquisição e monitoramento dos dados durante as diferentes baterias de ensaios.
2.3	Definição de algoritmos de processamento e redução de dados	Aplicação de algoritmos de visão computacional às imagens infravermelhas e RGB. Estratégias de redução dimensional e geração de indicadores operacionais.
2.4	Projeto de desenvolvimento de suportes e fixações para instalação do sistema de imageamento infravermelho e câmera digital industrial	Projeto e fabricação de fixações para instalação do sistema de visão térmica e digital.
3	Experimentos na Linha de Produção	Monitoramento das prensas da linha de produção
3.1	Instalação do sistema de imageamento infravermelho e RGB	Instalação do sistema de visão infravermelho e câmeras digitais.
3.2	Instalação do sistema de monitoramento de força de fechamento	Instalação do sistema de aquisição e sensores de deformação nas prensas.
3.3	Aquisição de dados de distribuição de temperatura	Medição da distribuição de temperatura na superfície das matrizes e chapas. Sistema de visão RGB para estimativa de aspectos geométricos.
3.4	Aquisição de distribuição de força de fechamento da prensa	Dados de monitoramento das prensas de estampagem.
3.5	Avaliação do nível de lubrificação das chapas	Análise da condição de lubrificação das chapas.
3.6	Inspeção de qualidade de amostras das peças estampadas	Levantamento de parâmetros de qualidade.
3.7	Processamento de dados	Processamento de dados adquiridos e montagem de modelo de correlação.
4	Documentação	Documentação das atividades do projeto.
4.1	Apresentações técnicas	Apresentações técnicas em formato PowerPoint, realizadas quinzenalmente.
4.2	Relatório técnico final	Relatório técnico completo contemplando todas as etapas do projeto, metodologia aplicada e resultados obtidos.

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

6. CRONOGRAMA

	Atividades	Indicador físico	Período	
			Início (Mês/Ano)	Fim (Mês/Ano)
1.1	Mapa de etapas críticas do processo de estampagem	Relatório	11/2019	11/2019
1.2	Revisão bibliográfica	Relatório	11/2019	11/2019
2.1	Estratégia de monitoramento por meio de termografia infravermelha e câmera RGB	Relatório	11/2019	11/2019
2.2	Rotina de monitoramento estrutural das prensas	Relatório	11/2019	11/2019
2.3	Definição de algoritmos de processamento e redução de dados	Relatório	11/2019	11/2019
2.4	Projeto de desenvolvimento de suportes e fixações para instalação do sistema de imageamento infravermelho e câmera digital industrial	Relatório	11/2019	11/2019
3.1	Instalação do sistema de imageamento infravermelho e RGB	Relatório e Sistema Físico	12/2019	01/2020
3.2	Instalação do sistema de monitoramento de força de fechamento	Relatório e Sistema Físico	12/2019	01/2020
3.3	Aquisição de dados de distribuição de temperatura	Relatório	12/2019	02/2020
3.4	Aquisição de distribuição de força de fechamento da prensa	Relatório	01/2020	02/2020
3.5	Avaliação do nível de lubrificação das chapas	Relatório	12/2019	02/2020
3.6	Inspeção de qualidade de amostras das peças estampadas	Relatório	01/2020	02/2020
3.7	Processamento de dados	Relatório	12/2019	02/2020
4.1	Apresentações técnicas	Relatório	11/2019	02/2020
4.2	Relatório técnico final	Relatório	02/2020	02/2020

7. EQUIPE EXECUTORA

	Nome	Instituição	Competência Técnicas
1.	José Jerônimo Rabelo Faria	ITA	Aquisição de Dados e Sensoriamento
2.	Eduardo Torres Novais	ITA	Termografia Infravermelha
3.	Gabriel de Brito Carvalho	FATEC	Tratamento de Sinais e Dados

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

PLANO DE APLICAÇÃO – PREVISÃO

Item	Descrição	Total (R\$)
1.	Bolsa Pesquisadores	55.283,80
2.	Bolsa Estagiário	3.512,00
3.	Material de Consumo	5.000,00
4.	Despesas de Viagens	5.000,00
5.	Despesas Operacionais FAPG (7%)	5.599,66
6.	Impostos (2%)	1.599,90
7.	Instituição Conveniada (5%)	3.999,76
TOTAL (R\$)		79.995,12

8. CRONOGRAMA FINANCEIRO

Mês	Número de parcelas	Parcelas (R\$)
Padrão GM	1	79.995,12

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DE PÓS-GRADUANDOS

30/12
THIAGO

PLANO DE TRABALHO FAPG Nº 021/2019

ANEXO AO CONTRATO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO QUE ENTRE SI CELEBRAM A GENERAL MOTORS DO BRASIL E A FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISAS DE PÓS GRADUANDOS, COM ANUÊNCIA/INTERVENIÊNCIA DA FATEC - SJC

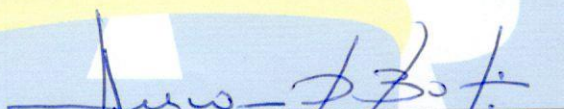
São José dos Campos, 11 de outubro de 2019.

Pela **GENERAL MOTORS DO BRASIL**




Thiago Reis
Comprador Técnico

Pela **FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DE PÓS-GRADUANDOS – FAPG,**

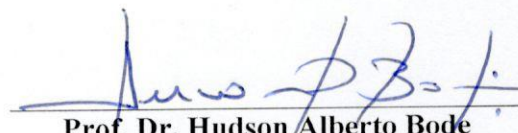


Prof. Dr. Hudson Alberto Bode
Diretor Presidente

Pela **FACULDADE DE TECNOLOGIA – SJC,**
FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DE PÓS-GRADUANDOS



Prof. Dr. Luiz Antônio Tozi
Diretor



Prof. Dr. Hudson Alberto Bode
Coordenador do Projeto