



Projeto de P&D

Nacionalização de Sistema para Monitoramento da Condição e Otimização da Operação de Motores de Combustão Interna

Relatório Atividades

Descrição:

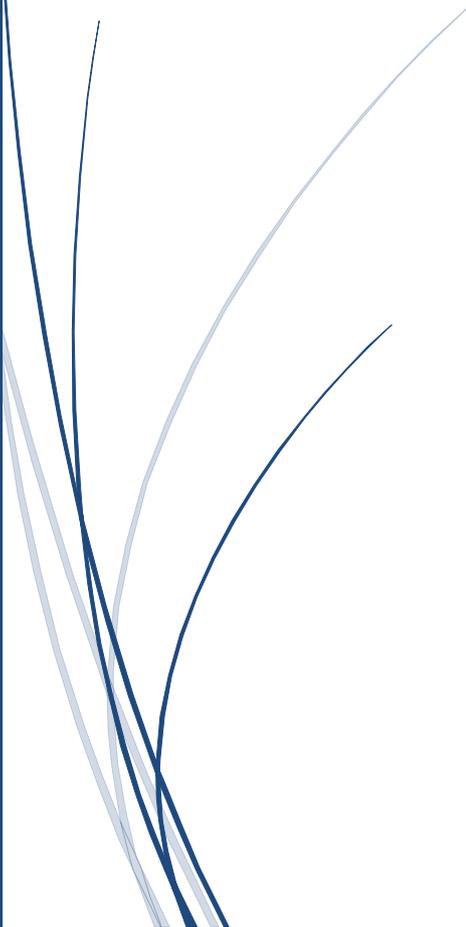
Relatório Final das Atividades Realizadas
no Projeto

Relatório RAESA

F01-00 / Revisão 00

Código ANEEL

PD-05690-0218



Projeto de P&D

Nacionalização de Sistema para Monitoramento da Condição e Otimização da Operação de Motores de Combustão Interna

Relatório Final

Atividades Realizadas no Projeto

Relatório RAESA F01-00 / Revisão 00

Relatório Elaborado por:

Erik Leandro Bonaldi
Coordenador do Projeto
Instituto Gnarus

Sandro Fernandes de Souza
Gerente do Projeto
RAESA

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	IDENTIFICAÇÃO DAS ENTIDADES E RESPECTIVAS EQUIPES EXECUTORAS	1
1.2	HISTÓRICO DA LINHA DE PESQUISA	3
2.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	5
2.1	OBJETIVO DO PROJETO	5
2.2	PALAVRAS-CHAVES	5
2.3	JUSTIFICATIVA DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	5
2.4	RESULTADOS PRETENDIDOS E ALCANÇADOS	8
2.5	METODOLOGIA ADOTADA NO PROJETO	8
2.6	ESTUDO DE ANTERIORIDADE	9
2.7	ESTADO-DA-ARTE DA ÁREA DO PROJETO	10
2.8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
3.	ETAPAS DESENVOLVIDAS NESTE PROJETO	15
3.1	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	15
3.2	DESCRIÇÃO MENSAL DAS ETAPAS	17
3.2.1	Etapa 1 - Revisão teórica do estado da arte acerca do tema	17
3.2.2	Etapa 2 - Especificação do laboratório de testes	21
3.2.3	Etapa 3 - Especificação dos transdutores de pressão interna do cilindro, ultrassom e velocidade angular instantânea e aquisição de amostras	26
3.2.4	Etapa 4 - Especificação do sistema de aquisição de dados e aquisição de amostras	37
3.2.5	Etapa 5 - Montagem do laboratório de testes e integração do sistema de medição	38
3.2.6	Etapa 6 - Realização de ensaios, análise dos resultados e comparação com os resultados de equipamentos de mercado	51
3.2.7	Etapa 7 - Desenvolvimento de software	66
3.2.8	Etapa 8 - Desenvolvimento de hardware	78
3.2.9	Etapa 9 - Teste do protótipo em laboratório	87
3.2.10	Etapa 10 - Instalação em campo em uma das máquinas da usina	97
3.2.11	Etapa 11 - Acompanhamento das medições	122
3.2.12	Etapa 12 - Montagem da documentação final	133
3.2.13	Etapa 13 - Transferência tecnológica	134
4.	ESPECIFICAÇÃO DOS TRANSDUTORES	135
4.1	TRANSDUTORES DE PRESSÃO INTERNA DO CILINDRO	136

4.2	TRANSDUTOR DE ULTRASSOM	142
4.3	TRANSDUTOR DE VELOCIDADE ANGULAR INSTANTÂNEA	143
4.4	TRANSDUTOR DE POSIÇÃO INSTALADO NO BALANCIM.....	144
5.	ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	147
5.1	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DOS DADOS DO SENSOR DE PRESSÃO.....	147
5.2	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DOS DADOS DO SENSOR DE TEMPERATURA	149
5.3	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DOS DADOS DO ENCODER DE VELOCIDADE INSTANTÂNEA....	150
5.4	SISTEMA DE AQUISIÇÃO DOS DADOS DO SENSOR ULTRASSOM.....	150
5.5	AQUISIÇÃO DOS KITS DE DESENVOLVIMENTO	152
5.5.1	Sistema de Aquisição.....	152
5.5.2	Modulo de Comunicação WiFi.....	153
6.	DESENVOLVIMENTO DOS HARDWARES DE AQUISIÇÃO	155
6.1	DESCRIÇÃO DO HARDWARE E CIRCUITOS.....	155
6.1.1	Sistema de Aquisição.....	157
6.1.2	Comunicação USB	160
6.1.3	Alimentação, Reset e Indicadores	162
6.1.4	Transmissão RF e Terminais de Interface.....	164
6.2	DESCRIÇÃO DO PCB	165
6.2.1	Camada Superior de Cobre	166
6.2.2	Camadas Intermediária 1 e Intermediária 2	167
6.2.3	Camadas Inferior.....	168
6.3	DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE CENTRAL	169
6.3.1	Esquemático do Hardware Central.....	169
6.3.2	PCB Hardware Central.....	170
7.	CONTRIBUIÇÕES E ORIGINALIDADE DO PROJETO	173
7.1	PRODUTOS IMPORTADOS SUBSTITUÍDOS.....	174
7.1.1	Principais Equipamentos Disponíveis no Mercado	175
7.1.1.1	MarPrime e MarPrime Ultra.....	175
7.1.1.2	LEMAG ECI.....	177
7.1.1.3	DPI-2 e DPI Type 50	178
7.1.1.4	MDS-4000, MDS-4500 e ALPHABOX.....	179
7.1.1.5	Kistler - Closed Loop Combustion Control.....	180
7.1.1.6	ICON DK-200	180
7.1.1.7	ONO SOKKI DS-3000	181
7.1.1.8	Wärtsilä Intelligent Combustion Monitoring.....	182
7.1.1.6	Análise dos Equipamentos Disponíveis.....	182
7.1.2	Apresentação das Partes do Equipamento Nacionalizado	187
7.1.2.1	Sensor de Pressão.....	187
7.1.2.2	Sensor de Velocidade Instantânea.....	191
7.1.2.3	Sensor de Posição das Válvulas	192

7.1.2.4	Apresentação do Software Desenvolvido para o Equipamento Nacionalizado	193
7.2.1.2	Descrição das Abas	196
7.2.1.3	Configuração de Motores	200
7.2	ORIGINALIDADE DO EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO	206
8.	APLICABILIDADE DO PROJETO.....	207
8.1	ABRANGÊNCIA DA APLICAÇÃO.....	207
8.2	TESTES DE FUNCIONALIDADE.....	208
8.2.1	Testes em Ambiente Controlado de Laboratório	208
8.2.1.1	Sensor de Pressão e Velocidade	208
8.2.1.2	Sensor de Posição das Válvulas	215
8.2.1.3	Comparação dos Resultados com Equipamento Importado	217
8.2.2	Testes em Campo	232
8.2.2.1	Montagem em Campo na RAESA	233
8.2.2.2	Resultados obtidos após a Instalação do Sistema em Campo.....	240
8.2.2.3	Melhorias Produzidas com a Instalação de Campo	250
8.2.3	Conclusões dos Testes de Funcionalidade	251
9.	CONTRIBUIÇÕES E RELEVÂNCIA DO PROJETO.....	253
9.1	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS ECONÔMICOS.....	253
9.1.1	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Produtividade.....	253
9.1.2	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Qualidade do Fornecimento.....	254
9.1.3	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Gestão de Ativos	255
9.1.4	Contribuições e Impactos Econômicos ligados ao Mercado de Energia	256
9.1.5	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Eficiência Energética.....	257
9.2	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS TECNOLÓGICOS.....	257
9.2.1	Contribuições e Impactos Tecnológicos relacionados à Infraestrutura Laboratorial ..	257
9.2.1.1	Unidade de Geração	257
9.2.1.2	Cabeçote com tomadas de pressão intracilindro.....	258
9.2.1.3	Sensor de Pressão.....	262
9.2.1.4	Sensor de Velocidade Instantânea.....	263
9.2.1.5	Cabeçote do Motor Wäertsilä	263
9.2.1.6	Carga para Unidade Geradora	265
9.2.1.7	Sistema de Medição de Pressão Intracilindro de Mercado.....	266
9.2.2	Contribuições e Impactos Tecnológicos s relacionados à Propriedade Industrial	267
9.2.3	Contribuições e Impactos Tecnológicos relacionados à Transferência de Conhecimento e à Capacitação Técnica e Tecnológica	268
9.3	CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS	269
9.3.1	Contribuições Científicas relacionadas à Produção Técnico-Científica.....	269
9.3.1.1	Artigo Publicado em Revista Energies	269
9.3.1.2	Artigo Publicado em Conferência Internacional.....	270
9.3.2	Contribuições Científicas relacionadas à Titulação em Programas de Pós-Graduação 271	
9.4	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	272
9.4.1	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Ambientais.....	272

9.4.2 Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Sociais	273
9.4.3 Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados ao Desenvolvimento de Novas Atividades Socioeconômicas	273
9.4.4 Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Benefícios para a Sociedade.....	274

10. RECURSOS EMPREGADOS E JUSTIFICATIVAS E ESTUDO DA VIABILIDADE

ECONÔMICA..... 275

10.1 RELAÇÃO DOS VALORES DAS RUBRICAS DAS EXECUTORAS	275
10.2 CARGA HORÁRIA DOS PESQUISADORES DO PROJETO DAS EXECUTORAS	276
10.3 DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL DE CONSUMO	277
10.4 DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL PERMANENTE E EQUIPAMENTOS	278
10.5 DESPESAS DA RUBRICA DE SERVIÇO DE TERCEIROS.....	279
10.6 DESPESAS DA RUBRICA DE VIAGENS E DIÁRIAS.....	280
10.7 DESPESAS DA RUBRICA OUTROS	280
10.8 RELAÇÃO DAS NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO INSTITUTO GNARUS E IATI.....	282

11. RAZOABILIDADE DOS CUSTOS E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA... 283

11.1 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	283
---	-----

12. CONCLUSÕES..... 288

ANEXOS..... 295

ANEXO I – CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DO LABORATÓRIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS.....	295
I.1 Unidade de Geração	296
I.2 Cabeçote com Ponto de Medição de Pressão Intracilindro	301
I.3 Peças Sobressalentes do Motor Diesel.....	303
I.4 Medição de Pressão Intracilindro de Mercado	304
I.5 Sistema de Aquisição e Processamento	307
I.6 Medidor de Grandezas Elétricas LCR	311
I.7 Instrumento de Calibração de Pressão	312
I.8 Calibrador de Temperatura	313
ANEXO II – PARTES DO PEDIDO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL	315
ANEXO III – SLIDES DO PROCESSO FINAL DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA.....	328
ANEXO IV – ARTIGO TÉCNICO PUBLICADO EM REVISTA CIENTÍFICA.....	360
ANEXO V – ARTIGO TÉCNICO PUBLICADO EM CONFERÊNCIA INTERNACIONAL.....	383
ANEXO VI – EXAME DE QUALIFICAÇÃO DA TESE DE DOUTORADO	391
ANEXO VI – COMPROVANTES DE DESPESAS	401

VII.1 Notas Fiscais da Rubrica Material de Consumo.....	401
VII.2 Notas Fiscais da Rubrica Material Permanente e Equipamento.....	430
VII.3 Notas Fiscais da Rubrica Serviço de Terceiros.....	444
VII.4 Notas Fiscais da Rubrica Viagens e Diárias.....	456
VII.5 Notas Fiscais da Rubrica Outros.....	466
VII.6 Notas Fiscais Emitidas pelo Instituto Gnarus	477
VII.7 Notas Fiscais Emitidas pelo IATI.....	484