



*Relatório técnico de execução parcial da UFPR do projeto*

*Validação em propulsão e aerodinâmica de foguetes*

**CFD-19**

**Período: 2015**

Projeto número 20 financiado pela  
Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)  
**Edital PRÓ-ESTRATÉGIA 50/2011**

Carlos Henrique Marchi (UFPR)  
(Coordenador-geral)

Curitiba, 29 de janeiro de 2016.

## 1 – RESULTADOS PRINCIPAIS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados pelos três pesquisadores (C. H. Marchi, L. K. Araki e M. A. V. Pinto), e demais membros da equipe da UFPR, com a execução do projeto durante o seu quarto ano (2015) foram:

### Artigos publicados em periódicos (3):

- FOLTRAN, A. C.; MORO, D. F.; SILVA, N. D. P.; FERREIRA, A. E. G.; ARAKI, L. K.; MARCHI, C. H. Burning rate measurement of KNSu propellant obtained by mechanical press. **Journal of Aerospace Technology and Management**, 7:193-199, 2015.
- MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Evaluation of chemical equilibrium and non-equilibrium properties for LOX/LH2 reaction schemes. **Journal of Aerospace Technology and Management**, 7:31-42, 2015.
- PARIONA, M. M.; OLIVEIRA, F.; TELEGINSKI, V.; MACHADO, S.; PINTO, M. A. V. Simulation and optimization of Al-Fe aerospace alloy processed by laser surface remelting using geometric multigrid solver and experimental validation. **Heat and Mass Transfer**, 1:1-10, 2015.

### Artigos publicados em congressos (6):

- FERREIRA, A. E. G.; MARCHI, C. H. Emprego de MER e CRE em Poisson 1D para análise do erro de variáveis secundárias. In: III Congresso de Matemática Aplicada e Computacional Sudeste (CMAC-SE). **Anais...** Vitória, 2015.
- CARVALHO JR, C. A. R.; MARCHI, C. H.; MARTINS, M. A. Multiextrapolação de Richardson com interpolação para reduzir o erro de discretização em malhas não uniformes 1D. In: III Congresso de Matemática Aplicada e Computacional Sudeste (CMAC-SE). **Anais...** Vitória, 2015.
- MORO, D. F.; MARCHI, C. H. Efeito da geometria do bocal divergente sobre o empuxo de motor-foguete operando no vácuo. In: III Congresso de Matemática Aplicada e Computacional Sudeste (CMAC-SE). **Anais...** Vitória, 2015.
- MORO, D. F.; MARCHI, C. H.; PINTO, M. A. V. Um método iterativo eficiente para resolver sistemas de equações pentadiagonais. In: III Congresso de Matemática Aplicada e Computacional Sudeste (CMAC-SE). **Anais...** Vitória, 2015.
- VASSOLER-RUTZ, G.; PINTO, M. A. V.; SUERO, R. Comparison of the physical anisotropy of multigrid method for two-dimensional diffusion equation. In: XXIII International Congress of Mechanical Engineering (COBEM). **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.
- FRANCO, S. R.; PINTO, M. A. V.; VARGAS, A. P. S. Comparison of efficiency between the time stepping and waveform relaxation methods for two-dimensional Fourier equation. In: XXIII International Congress of Mechanical Engineering (COBEM). **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

### Resumos de artigos publicados em congressos (7):

- QUELUZ, T. P.; MARCHI, C. H. Aplicativo computacional para cálculo do coeficiente de arrasto de minifoguetes. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2015.
- CORREIA, J. C.; MARCHI, C. H. Comparação de métodos para calcular a pressão de câmara de motor-foguete. In: Evento de Iniciação Científica da UFPR (EVINCI). **Anais...** Curitiba, 2015.
- MORO, D. F.; QUELUZ, T. P.; EURICH, R. D.; DOUBRAWA, L.; FERLA, S. M. B.; SANTOS, L. R.; BARTOLOME, J. R. M.; FUZIZAKI, G. C.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Alfa de minifoguetes no período de setembro de 2014 a abril de 2015. In: Encontro das Atividades Formativas da UFPR (ENAF). **Anais...** Curitiba, 2015.

- FOLTRAN, A. C.; CORREIA, J. C.; SEGURO, F. A.; VICENTIN, I. F. S.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Beta de minifoguetes no período de setembro de 2014 a abril de 2015. In: Encontro das Atividades Formativas da UFPR (ENAF). **Anais...** Curitiba, 2015.
- MORO, D. F.; SCHLOSSMACHER, L.; OUCHI, H. Y. G.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Delta de minifoguetes no período de setembro de 2014 a abril de 2015. In: Encontro das Atividades Formativas da UFPR (ENAF). **Anais...** Curitiba, 2015.
- SILVA, N. D. P.; CARON, F. A. S.; SCHLOSSMACHER, L.; COLOMBO, R. H.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Gama de minifoguetes no período de setembro de 2014 a abril de 2015. In: Encontro das Atividades Formativas da UFPR (ENAF). **Anais...** Curitiba, 2015.
- MORO, D. F.; SILVA, N. D. P.; MOTTA, J. G.; SILVA, G. P.; MARCHI, C. H.; ARAKI, L. K. Atividades da equipe UFPR-Epsilon de minifoguetes no período de setembro de 2014 a abril de 2015. In: Encontro das Atividades Formativas da UFPR (ENAF). **Anais...** Curitiba, 2015.

### **Teses de doutorado concluídas (0):**

### **Dissertações de mestrado concluídas (3):**

- FOLTRAN, A. C. **Simulação numérica de radiação térmica em cavidades e em motor-foguete**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Orientador: ARAKI, L. K.
- SILVA, N. D. P. **Aplicação de esquemas numéricos em escoamentos com ondas de choque em bocais do tipo convergente-divergente**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Orientador: ARAKI, L. K.
- CARVALHO JR, C. A. R. **Interpolação polinomial com multiextrapolação de Richardson para reduzir o erro de discretização em malhas não uniformes 1D**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Dissertação de mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia. Orientador: MARCHI, C. H.

### **Projetos (qualificações) de doutorado aprovados (3):**

- OLIVEIRA JR, A. A. **Análise de geometrias de narizes de foguetes em regime transônico**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Projeto de tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.
- FRANCO, S. R. **Método multigrid para equações diferenciais parciais transientes**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Projeto de tese de doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia. Orientador: PINTO, M. A. V.
- RUTZ, G. V. **Efeito da anisotropia física sobre o método multigrid aplicado a problemas de transferência de calor**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Projeto de tese de doutorado em Métodos Numéricos em Engenharia. Orientador: PINTO, M. A. V.

### **Projetos (qualificações) de mestrado aprovados (1):**

- VICENTIN, I. C. F. S. **Transferência de calor teórica e experimental em motor-foguete a propelente sólido**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Projeto de dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.

### **Trabalhos de fim de curso de graduação concluídos (1):**

- SCHLOSSMACHER, L. **Desenvolvimento de motores-foguete para espaçomodelos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Trabalho de fim de curso de graduação em engenharia mecânica. Orientador: MARCHI, C. H.

**Orientações de iniciação científica concluídas (1):**

- SMYTHE, A. L. **Propulsão de foguetes – escoamentos reativos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Trabalho de iniciação científica de aluno de graduação em engenharia mecânica. Orientador: ARAKI, L. K.

**Aplicativos computacionais relevantes implementados (0):****Relatórios de pesquisa preparados (0):****2 – OUTROS RESULTADOS E ATIVIDADES****Artigos submetidos a periódicos (9):**

- MARCHI, C. H.; MARTINS, M. A.; NOVAK, L. A.; ARAKI, L. K.; PINTO, M. A. V.; GONÇALVES, S. F. T. Polynomial interpolation with repeated Richardson extrapolation to reduce discretization error in CFD. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**, 2015.
- VARGAS, A. P. S.; PINTO, M. A. V.; MARCHI, C. H. Multigrid method with Crank-Nicolson scheme for 2D time-dependent equation. Submetido a **International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow**, 2015.
- MARCHI, C. H.; MARTINS, M. A.; PINTO, M. A. V.; GROSSI, L.; LA GUARDIA, G. G.; ARAKI, L. K.; GONÇALVES, S. F. T. Effect of norms on the accuracy order of numerical solution errors in CFD. Submetido a **International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow**, 2015.
- MARCHI, C. H.; GIACOMINI, F. F.; SANTIAGO, C. D. Repeated Richardson extrapolation to reduce field discretization error in computational fluid dynamics. Submetido a **Applied Numerical Mathematics**, 2015.
- OLIVEIRA, F.; PINTO, M. A. V.; MARCHI, C. H. Effect of seven multigrid schedules on the CPU time for 2D Laplace and Poisson equations. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**, 2015.
- ARAKI, L. K.; MARCHI, C. H. Verification and validation of numerical solutions of two-dimensional reactive flow in rocket engine nozzles. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**.
- ANUNCIÇÃO, M. A. M.; PINTO, M. A. V.; ARAKI, L. K.; MARCHI, C. H.; MARTINS, M. A. Reduction of iteration error and acceleration of the multigrid method by using extrapolation techniques. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**, 2015.
- MARCHI, C. H.; MORO, D. F. Solving the 3D Poisson equation with repeated Richardson extrapolation. Submetido a **International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow**, 2015.
- BERTOLDO, G.; MARCHI, C. H. Verification and validation of the foredrag coefficient for supersonic and hypersonic flow of air over a cone of fineness ratio 3. Submetido a **Applied Mathematical Modelling**.

**Artigos submetidos a congressos e aceitos (0):****Orientações em andamento em 27 Jan 2016 (27):**

<b>Orientador principal</b>	<b>Marchi</b>	<b>Araki</b>	<b>Total</b>
Iniciação científica	7	2	9
Trabalho de fim de curso	1	2	3
Mestrado	3	1	4
Doutorado	8	2	10
Pós-Doutorado	1	0	1
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>27</b>

**Citações em 2015 de artigos publicados em periódicos (base ISI):**

- 5 = MARCHI, C. H.
- 1 = ARAKI, L. K.

Total = 6

**Previsão de conclusão de orientações de pós-graduação em 2016 (4):**

1 = Pós-doutorado (Santiago)

1 = Doutorado (Ferreira)

2 = Mestrado (Vergara, Vicentin)

**Outras atividades relevantes executadas em 2015:**

- De fevereiro a julho foram realizados mais 24 testes estáticos com o motor-foguete MTP (motor de teste de propelente), projetado pela equipe da UFPR neste projeto. Isso permitiu obter a curva de taxa de queima do seu propelente KNSu (nitrato de potássio e sacarose), que poderá ser usada para projetar motores de voo.
- Abril: foi realizado o *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2015* nos dias 18 a 20 de abril de 2015, em Curitiba e Pinhais. Este evento contou com a participação de 17 equipes de 10 universidades brasileiras (UCS, UEM, UFABC, UFPR, UFSC, UnB-GAMA, UNICAMP, UP, UTFPR-CT, UTFPR-LD) e dois grupos independentes (BVM e CEGAPA), de 6 estados brasileiros (DF, PE, PR, RS, SC, SP). O *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2015* foi o segundo evento realizado no Brasil no qual equipes competiram com seus projetos de minifoguetes. As competições foram divididas em 11 categorias com objetivo definido e uma categoria aberta. Foram realizados 67 lançamentos de minifoguetes. Este evento foi organizado por pesquisadores e estudantes da equipe da UFPR neste projeto.
- Junho: foram formadas três equipes com 16 de alunos de graduação visando participar do *Festival de Minifoguetes de Curitiba 2016*.
- Nos meses de outubro e novembro foram realizados 10 testes estáticos com o motor-foguete Netuno-R, classificado como um motor da classe F50. Este motor é feito em ligas de alumínio e usa KNSu como propelente.
- Em dezembro foi lançado um minifoguete experimental com o motor Netuno-R e dois altímetros a bordo. O apogeu obtido foi de 370 metros. O minifoguete foi recuperado através de paraquedas. Este foi o primeiro lançamento da equipe da UFPR de um minifoguete experimental. Detalhes em [http://foguetefpr.blogspot.com.br/2015/12/lancado-o-primeiro-minifoguete\\_26.html](http://foguetefpr.blogspot.com.br/2015/12/lancado-o-primeiro-minifoguete_26.html)
- Ao longo do ano, foram realizados os seguintes experimentos com motores-foguete e minifoguetes ou seus sistemas: 12 testes em túnel de vento; 25 testes de sistemas; 12 testes de propelentes; 20 testes de resistência; 360 testes estáticos; e 83 lançamentos. Portanto, no total, foram realizados 512 experimentos em solo e dinâmicos.

**3 – ESTÁGIO DE CONSECUÇÃO DAS METAS ESTABELECIDAS****Meta 1: rede de pesquisa**

- Etapa 1.1: implantar a rede. Em 2015 foi mantida a estrutura criada em 2013 para divulgar as notícias, atividades e resultados do projeto. Ou seja, o blog <http://foguetefpr.blogspot.com.br/>, que é operado (blogger) pelo próprio coordenador do projeto, e o site na internet <http://servidor.demec.ufpr.br/CFD/> do grupo de pesquisa da UFPR no projeto. As questões sobre publicações e direitos autorais estão sendo tratadas caso a caso. Em relação a 2015, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.

- Etapa 1.2: publicar trabalhos. Foram publicados 16 trabalhos em periódicos e eventos. Em relação a 2015, considera-se que esta etapa foi muito bem executada.
- Etapa 1.3: incluir novos membros na rede. Foram incluídos na rede, através da equipe da UFPR, os seguintes novos pesquisadores: (1) Cosmo D. Santiago da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) de Apucarana (PR). Também foram incluídos na rede, através da equipe da UFPR, os seguintes novos estudantes de pós-graduação: (1) Fabio M. Matos (mestrado); (2) Gustavo Boscardin (mestrado); (3) Nicholas D. P. Silva (doutorado); (4) Carlos A. R. Carvalho Jr (doutorado); (5) Jean M. B. Oliveira (doutorado); e (6) Daiane C. Zanatta (doutorado). Em relação a 2015, considera-se que nesta etapa teve-se um bom aumento no número de pesquisadores e pós-graduandos participando do projeto.

### **Meta 2: obter resultados experimentais já existentes.**

- Etapa 2.1: dados aerodinâmicos da equipe do IAE. Etapa encerrada em 2014.
- Etapa 2.2: dados propulsivos da equipe do ITA. **Etapa cancelada pela inexistência de dados.**
- Etapa 2.3: dados propulsivos da equipe da UnB. **Etapa cancelada pela saída da UnB do projeto.**
- Etapa 2.4: dados propulsivos da equipe do INPE. Etapa encerrada em 2014.
- Etapa 2.5: dados aerodinâmicos de outras fontes. Etapa encerrada em 2014.
- Etapa 2.6: dados propulsivos de outras fontes. Etapa encerrada em 2014.

### **Meta 3: realizar novos experimentos.**

- Etapa 3.1: experimentos aerodinâmicos da equipe do IAE. Em andamento.
- Etapa 3.2: experimentos propulsivos da equipe do ITA. Em andamento.
- Etapa 3.3: experimentos propulsivos da equipe da UnB. **Etapa cancelada pela saída da UnB do projeto.**
- Etapa 3.4: experimentos propulsivos da equipe do INPE. Em andamento.
- Etapa 3.5: experimentos propulsivos e aerodinâmicos da equipe da UFPR. Foram realizados 512 experimentos em solo e dinâmicos com minifoguetes durante 2015. Em andamento.

### **Meta 4: código computacional VonBraun**

- Etapa 4.1: otimizar os subcódigos. Em andamento.
- Etapa 4.2: melhorar os subcódigos. Em andamento.
- Etapa 4.3: ampliar os subcódigos. Em andamento.
- Etapa 4.4: verificar os subcódigos. Em 2015, continuaram os testes de verificação, tanto em aerodinâmica quanto em propulsão. Em andamento.
- Etapa 4.5: criar a primeira versão completa do código computacional VonBraun. Em andamento.

- Etapa 4.6: validar o código VonBraun com resultados experimentais já existentes. Em 2015, os dados aerodinâmicos da equipe do IAE continuaram a ser usados em simulações feitas pela equipe da UFPR, para validar o código Mach2D. Encerrado.
- Etapa 4.7: treinar usuários das equipes do projeto interessadas no código VonBraun. Em janeiro de 2015, as equipes do IAE, INPE, ITA e UnB foram convidadas para um treinamento a ser realizado em novembro de 2015, em Curitiba (PR); nenhuma delas manifestou interesse no treinamento. As três empresas envolvidas no projeto serão convidadas em 2016.
- Etapa 4.8: validar o código VonBraun com os novos experimentos das equipes. A ser realizado.
- Etapa 4.9: gerar nova versão completa do código VonBraun. A ser realizado.
- Etapa 4.10: divulgar o código VonBraun. A ser realizado.

#### **Meta 5: formar e aperfeiçoar pessoal**

- Etapa 5.1: doutores. Nenhum doutor foi titulado em 2015.
- Etapa 5.2: mestres. Foram titulados 3 mestres em 2015. Portanto, em relação a 2015, considera-se que esta etapa foi satisfatoriamente executada.

## **4 – CRONOGRAMA ATÉ A CONCLUSÃO DO PROJETO**

**Início: janeiro/2016.**

**Término: setembro/2017.**

**Duração: 21 meses**

**Meta 1: rede de pesquisa.** Período: jan/16 a set/17.

- Etapa 1.1: implantar a rede. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 1.2: publicar trabalhos. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 1.3: incluir novos membros na rede. Período: jan/16 a set/17.

**Meta 2: obter resultados experimentais já existentes.** Concluído.

- Etapa 2.1: dados aerodinâmicos da equipe do IAE. Concluído.
- Etapa 2.2: dados propulsivos da equipe do ITA. **Cancelado; não existem os dados.**
- Etapa 2.3: dados propulsivos da equipe da UnB. **Cancelado; a equipe retirou-se do projeto.**
- Etapa 2.4: dados propulsivos da equipe do INPE. Concluído.
- Etapa 2.5: dados aerodinâmicos de outras fontes. Concluído.
- Etapa 2.6: dados propulsivos de outras fontes. Concluído.

**Meta 3: realizar novos experimentos.** Período: jan/16 a set/17.

- Etapa 3.1: experimentos aerodinâmicos da equipe do IAE. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 3.2: experimentos propulsivos da equipe do ITA. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 3.3: experimentos propulsivos da equipe da UnB. **Cancelado; a equipe retirou-se do projeto.**
- Etapa 3.4: experimentos propulsivos da equipe do INPE. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 3.5: experimentos propulsivos e aerodinâmicos da equipe da UFPR. Período: jan/16 a set/17.

**Meta 4: código computacional VonBraun.** Período: jan/16 a set/17.

- Etapa 4.1: otimizar os subcódigos. Período: jan/16 a mar/17.
- Etapa 4.2: melhorar os subcódigos. Período: jan/16 a mar/17.

- Etapa 4.3: ampliar os subcódigos. Período: jan/16 a mar/17.
- Etapa 4.4: verificar os subcódigos. Período: jan/16 a mar/17.
- Etapa 4.5: criar a primeira versão completa do código computacional VonBraun. Período: jan/16 a ago/16.
- Etapa 4.6: validar o código VonBraun com resultados experimentais já existentes. Concluído.
- Etapa 4.7: treinar usuários das equipes do projeto interessadas no código VonBraun. Período: nov/16.
- Etapa 4.8: validar o código VonBraun com novos experimentos das equipes. Período: jan/16 a mar/17.
- Etapa 4.9: gerar nova versão completa do código VonBraun. Período: abr/17 a set/17.
- Etapa 4.10: divulgar o código VonBraun. Período: jan/16 a set/17.

**Meta 5: formar e aperfeiçoar pessoal.** Período: jan/16 a set/17.

- Etapa 5.1: doutores. Período: jan/16 a set/17.
- Etapa 5.2: mestres. Período: jan/16 a set/17.

## **5 – EQUIPE PARTICIPANTE PELA UFPR**

A equipe que participou da execução do projeto durante o ano 2015 soma 60 pessoas, e foi a seguinte:

### **7 professores doutores da UFPR**

Carlos Henrique Marchi  
 Geovani Nunes Grapiglia  
 Leandro Alberto Novak  
 Luciano Kiyoshi Araki  
 Mael Sachine  
 Márcio Augusto Villela Pinto  
 Simone de Fátima Tomazzoni Gonçalves

### **12 professores colaboradores de outras instituições**

Alysson Nunes Diógenes (UP)  
 Ana Paula da Silveira Vargas (UTFPR)  
 Cosmo Damião Santiago (UTFPR)  
 Eduardo Matos Germer (UTFPR)  
 Fabiana de Fátima Giacomini (UTFPR)  
 Fabiane de Oliveira (UEPG)  
 Giuliano Gadioli La Guardia (UEPG)  
 Guilherme Bertoldo (UTFPR)  
 Jonas Joacir Radtke (UTFPR)  
 Luciane Grossi (UEPG)  
 Márcio André Martins (UNICENTRO)  
 Roberta Suero (IFPR)

### **11 doutorandos**

Abimael Alves de Oliveira Junior  
 Ana Eliza Gonçalves Ferreira  
 Carlos Alberto Rezende de Carvalho Junior  
 Daiane C. Zanatta  
 Diego Fernando Moro  
 Grazielli Vassoler Rutz

Jean M. B. Oliveira  
 Marcio A. M. Anunciação  
 Nicholas Dicati Pereira da Silva  
 Réverton Luis Antunes Neundorf  
 Sebastião Romero Franco

### **6 mestrandos**

Antônio Carlos Foltran  
 Fabio Maurício Matos  
 Gabriel Vergara  
 Gustavo Boscardin  
 Inajara da Silva Freitas  
 Izabel Cecília Ferreira de Souza Vicentin

### **21 graduandos**

Álvaro Ricardo Ferreira Bento Júnior  
 André Luis Smythe  
 Éderson Luiz dos Santos Dias  
 Felipe Allan Seguro  
 Felipe Augusto Schwarzbach Caron  
 Geverson Luciano Ramos  
 Guilherme Capristo Fuzizaki  
 Gustavo Padovany da Silva  
 Heitor Yuddi Ginar Ouchi  
 Jeovan Cezare Correia  
 João Guilherme Motta  
 John Rhodel Miranda Bartolome  
 Larissa Ribas dos Santos  
 Lia Doubrawa  
 Loreno Tischer Filho  
 Lucas Schlossmacher  
 Pedro Augusto de Lima e Silva  
 Rafael Darriba Eurich  
 Ruan Henrique Colombo  
 Sofia Mariana Bozz Ferla  
 Tobias Pinheiro Queluz

### **1 técnico da UFPR**

José Osmar Klein Júnior

### **2 outros**

José Miraglia  
 José Roberto de Andrade e Paula

## **6 – CONCLUSÃO**

Em resumo, os resultados obtidos durante o quarto ano de execução deste projeto foram:

- Publicados 3 artigos em periódicos.
- Publicados 6 artigos em congressos.
- Publicados 7 resumos de artigos em congressos.
- Concluídas 3 dissertações de mestrado.

Além disso:

- Foram submetidos 9 artigos para publicação em periódicos.
- Estão em andamento a orientação de 1 pós-doutorado, 10 teses de doutorado e 4 dissertações de mestrado.
- Foram realizados 512 experimentos com motores-foguete, minifoguetes e seus sistemas.
- Foi lançado o primeiro minifoguete experimental da equipe da UFPR, que atingiu 370 metros de apogeu e foi recuperado através de paraquedas.

Os artigos, teses, dissertações, trabalhos de graduação, projetos de pesquisa, aplicativos computacionais e relatórios técnicos estão disponíveis na internet em [www.cfd.ufpr.br](http://www.cfd.ufpr.br) e [www.foguete.ufpr.br](http://www.foguete.ufpr.br).

Gostaríamos de registrar um protesto pelo enorme atraso no pagamento da última parcela do projeto, referente ao ano de 2015. Isso está levando a total paralisação da parte experimental do projeto das 4 equipes.