



# *Desenvolvimento de kit didático de minifoguetes para difusão e popularização da Astronáutica*

*AEN-2*

**Palavras-chave:** foguete, espaçomodelo, educação, engenharia aeroespacial, espaçomodelismo

Projeto de ensino submetido ao  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)  
para concorrer a financiamento do Edital MCT/CNPq 42/2007

**Carlos Henrique Marchi** (coordenador, UFPR)

**Jerusa Serafim Weiss Marchi**

**José Miraglia** (UNIMARCO)

**José Osmar Klein Júnior** (UFPR)

**Luciano Kiyoshi Araki** (UFPR)

Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC)

Endereço: Caixa postal 19040

81531-980, Curitiba, PR

Telefone: (41) 3361-3126

Fax: (41) 3361-3701

e-mail: [marchi@ufpr.br](mailto:marchi@ufpr.br)

Curitiba, 18 de janeiro de 2008.

## **RESUMO**

O objetivo geral deste projeto é divulgar e difundir, para estudantes e o público em geral, a astronáutica e a engenharia aeroespacial. Os objetivos específicos principais são: (1) desenvolver um kit didático de minifoguetes ou espaçomodelos com diversas configurações geométricas, motores e massas que permita entender a teoria e a prática envolvidas nos princípios da engenharia aeroespacial; (2) escrever um livro sobre espaçomodelismo e os fundamentos teóricos da engenharia aeroespacial; e (3) através de exposições públicas de lançamento de espaçomodelos, *site* na internet, curso e filme-documentário despertar vocações para carreiras científicas e tecnológicas, e difundir e popularizar o espaçomodelismo no Brasil. O projeto está estruturado em oito etapas, que deverão ser realizadas em 30 meses (Abr/2008 a Set/2010) por uma equipe de cinco pessoas e alunos voluntários.

### **1. TÍTULO DO PROJETO**

*Desenvolvimento de kit didático de minifoguetes  
para difusão e popularização da Astronáutica*

### **2. ESPECIFICAÇÃO DAS LINHAS DE AÇÃO DO PROJETO**

As linhas de ação deste projeto são:

- 1) KIT DE MINIFOGUETES: desenvolver (projetar, fabricar, testar e qualificar) um kit de minifoguetes (também conhecidos como espaçomodelos), com finalidade educativa, destinado a estudantes em geral.
- 2) ENSINO: treinar cerca de 30 alunos de graduação nos princípios da engenharia aeroespacial.
- 3) EXIBIÇÕES: realizar exposições públicas de lançamento de espaçomodelos para difundir e popularizar o espaçomodelismo.
- 4) LIVRO: escrever um livro sobre o conteúdo de um curso de espaçomodelismo ministrado na Universidade Federal do Paraná, destinado a estudantes de ensino médio e superior. Este livro também incluirá as atividades das três linhas de ação anteriores, e poderá ser reproduzido livremente a partir de *site* na internet.
- 5) FILME: produzir um filme-documentário relatando as atividades das quatro linhas de ação acima, com reprodução livre a partir de *site* na internet, mostrando o projeto, fabricação, testes e lançamentos do kit de minifoguetes.
- 6) ARTIGOS: divulgar as atividades do projeto através de artigos técnicos, em congressos, e leigos, na imprensa.
- 7) *SITE*: criar um *site* na internet que incluirá todas as atividades das linhas de ação acima, para difundir e popularizar livremente o espaçomodelismo.
- 8) FABRICANTE: encontrar uma empresa para fabricar e comercializar o kit de minifoguetes a ser desenvolvido.

### **3. INSTITUIÇÃO DE EXECUÇÃO DO PROJETO**

Nome: Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC)

### **4. COORDENADOR E ENDEREÇOS**

Coordenador: Carlos Henrique Marchi

Endereços: Caixa postal 19040, CEP 81531-980, Curitiba, PR  
Telefone: (41) 3361-3126; Fax: (41) 3361-3701  
e-mail: [marchi@ufpr.br](mailto:marchi@ufpr.br)

### **5. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS**

O objetivo geral deste projeto é divulgar e difundir, para estudantes e o público em geral, a astronáutica, engenharia aeroespacial, engenharias, física, química, matemática e o programa espacial brasileiro.

Os objetivos específicos deste projeto são:

- 1) Desenvolver um kit didático de minifoguetes que permita aos estudantes entenderem na prática, através de lançamentos, os princípios da engenharia aeroespacial.
- 2) Escrever um livro sobre o conteúdo de um curso de espaçomodelismo, ministrado na Universidade Federal do Paraná, que permita a estudantes de ensino médio e superior entenderem os fundamentos teóricos da engenharia aeroespacial, e confrontá-los com os resultados experimentais.
- 3) Através de exposições públicas de lançamento de espaçomodelos, *site* na internet e filme-documentário despertar vocações para carreiras científicas e tecnológicas e difundir e popularizar o espaçomodelismo no Brasil.
- 4) Treinar cerca de 30 alunos de graduação nos princípios da engenharia aeroespacial.
- 5) Disponibilizar às indústrias nacionais infra-estrutura para teste e qualificação de motores destinados a minifoguetes nacionais.

### **6. METODOLOGIA DO PROJETO**

Minifoguetes (MF) são foguetes de pequeno porte. Eles usam propelente sólido, como o foguete brasileiro VLS. Espaçomodelos (EM) são minifoguetes feitos de materiais não-metálicos e dotados de motores comerciais. Eles podem ter até centenas de gramas de massa, geralmente menos de 10 gramas de propelente, e podem atingir centenas de metros de altura.

O objetivo principal deste projeto é desenvolver um kit didático de minifoguetes. O conceito considerado aqui é um conjunto de minifoguetes, com diversas configurações geométricas, motores e massas que permitam entender a teoria e a prática envolvidas nos princípios da engenharia aeroespacial.

O projeto está estruturado em oito etapas, cada uma correspondendo a uma linha de ação do projeto, conforme descrito abaixo. O termo “alunos”, que é citado em algumas etapas, refere-se aos alunos da disciplina que o coordenador do projeto leciona anualmente na UFPR, no curso de engenharia mecânica. Nesta disciplina, os alunos desenvolvem e testam projetos de minifoguetes em equipe. Ao final desta seção, também apresenta-se a equipe técnica do projeto.

#### **ETAPA 1: KIT DE MINIFOGUETES**

Esta é a etapa principal deste projeto. Praticamente todas as outras são decorrência dela. O objetivo desta etapa é desenvolver um kit de minifoguetes com finalidade educativa. Este kit será destinado principalmente a estudantes do ensino médio e superior. Mas também poderá ser usado

por estudantes do segundo ciclo do ensino fundamental, desde que acompanhados por seus responsáveis.

Aqui, desenvolver significa projetar, fabricar, testar e qualificar o kit de minifoguetes. Estas atividades estão divididas em três subetapas, que seguem.

### **1.1 Testes estáticos**

A primeira atividade envolvida nesta etapa será a aquisição de material permanente, de consumo e bibliográfico necessários para executar o projeto, bem como fabricar as bancadas necessárias para os testes estáticos de cada tipo de motor.

Nesta subetapa será obtida experimentalmente a curva empuxo versus tempo de diversos motores de espaçomodelos disponíveis no mercado brasileiro. Para cada motor, cerca de dez testes serão feitos para obter valores médios estatísticos de desempenho. Deverão ser testados cerca de cinco a oito motores diferentes. Além da curva de empuxo, os seguintes parâmetros serão obtidos: empuxo máximo, empuxo médio, impulso total, impulso específico, tempo de queima, classe do motor, entre outros.

Esta subetapa também envolverá experimentos para testar os sistemas pirotécnicos de ejeção de pára-quedas, fitas e cargas úteis.

Executores: Marchi, alunos, Araki. Consultor: Miraglia.

Período: abril a dezembro/2008.

### **1.2 Projeto**

Nesta subetapa será projetado o kit de minifoguetes com base nas curvas de empuxo da subetapa anterior. Este kit será projetado de tal forma que seja possível verificar experimentalmente os efeitos sobre o apogeu e outros parâmetros de trajetória causados por:

- 1) massa inicial do minifoguete (pelo menos três valores que permitam confirmar a curva apogeu versus massa inicial);
- 2) classe do motor (A, B, C e D);
- 3) valor do empuxo médio (pelo menos três valores diferentes);
- 4) quantidade (3 e 4), perfil (aerodinâmico e quadrado) e tamanho (3) das empenas;
- 5) coeficiente de arrasto global (pelo menos três valores diferentes);
- 6) sistema de recuperação (com para-quedas, com fita e sem);
- 7) carga útil (com altímetro de bordo ou sem).

Para testar cada um dos sete parâmetros isoladamente, todas as demais características do minifoguete serão mantidas fixas.

Executores: Marchi, alunos e Araki. Consultor: Miraglia.

Período: janeiro a setembro/2009.

### **1.3 Testes dinâmicos**

Esta subetapa será destinada à fabricação e realização de lançamentos dos minifoguetes projetados, visando comprovar os resultados previstos para cada um dos sete efeitos listados na subetapa anterior. Para cada configuração específica de minifoguete, cerca de cinco testes serão feitos para obter valores médios estatísticos dos resultados. Estima-se para cada motor, em média, o seguinte número de testes: 21 pontos referentes a seis parâmetros x 5 testes de repetibilidade = 105 testes por tipo de motor a ser usado no kit. Esta subetapa também será usada para refinar o projeto, definir novos lançamentos e realizá-los. Por fim, será definido o kit didático de minifoguetes e realizados testes de qualificação final.

Executores: Marchi, alunos e Araki. Consultor: Miraglia.

Período: abril/2009 a junho/2010.

## **ETAPA 2: ENSINO**

Esta etapa envolverá a oferta anual da disciplina “Projeto e lançamento de espaçomodelos” no curso de graduação em engenharia mecânica da UFPR. Esta disciplina envolve a teoria básica de

engenharia aeroespacial. Ela envolve também uma parte prática com a realização de testes estáticos e dinâmicos. Ao longo do projeto, esta disciplina deverá ser ofertada três vezes a cerca de 30 alunos, no total.

Executores: Marchi e Araki. Consultor: Miraglia.

Período: abril/2008 a junho/2010.

### **ETAPA 3: EXIBIÇÕES**

Esta etapa será dedicada à realização de exposições públicas de lançamento de minifoguetes do kit desenvolvido e do kit em desenvolvimento (testes dinâmicos). Esta etapa também envolverá a exibição pública de testes estáticos. Pretende-se divulgar amplamente estes eventos e realizar pelo menos cinco. Em cada um destes eventos, pretende-se realizar exposição de kits de espaçomodelos e fotos relativas às atividades do projeto. Esta etapa também envolverá a participação em três feiras de cursos e profissões que a UFPR realiza a cada ano para divulgar seus cursos.

Executores: Marchi e alunos.

Período: agosto/2008 a setembro/2010.

### **ETAPA 4: LIVRO**

Esta etapa será dedicada à elaboração de um livro/apostila sobre o conteúdo de um curso de espaçomodelismo ministrado na Universidade Federal do Paraná. O livro será destinado a estudantes de ensino médio e superior. Em resumo, o conteúdo do livro será basicamente o seguinte: tipos de minifoguetes; espaçomodelismo no mundo e no Brasil; centro de gravidade e pressão; coeficiente de arrasto; motor-foguete e empuxo; testes estáticos e análises; trajetória; projetos e pré-lançamento; lançamentos e análises. Os objetivos deste livro são: (1) apresentar a teoria básica envolvida no projeto de espaçomodelos a propelente sólido; (2) ensinar a projetar espaçomodelos; e (3) mostrar como realizar e analisar experimentos com espaçomodelos.

Este livro também incluirá as partes relevantes das atividades das três linhas de ação anteriores. Isso ocorrerá através de exemplos de projeto de minifoguetes e resultados dos testes estáticos e dinâmicos. Este livro será uma espécie de manual do kit de minifoguetes.

Executor: Marchi. Consultores/revisores: Miraglia e Araki. Revisão: Serafim.

Período: abril a setembro/2010.

### **ETAPA 5: FILME**

Esta etapa será dedicada à produção de um filme-documentário relatando as atividades das quatro etapas anteriores, com duração aproximada de 30 minutos. O objetivo é mostrar principalmente a parte experimental do projeto, isto é, os testes estáticos e dinâmicos, as exposições públicas e as diversas fases da montagem de motores e minifoguetes e seus testes.

Executora: Serafim. Direção e roteiro: Marchi e Serafim.

Período: abril/2008 a setembro/2010.

### **ETAPA 6: ARTIGOS**

Esta etapa será dedicada à divulgação das atividades do projeto através de artigos técnicos, em congressos, e artigos, na imprensa. Em congressos profissionais técnicos, que têm sessões de caráter educativo, pretende-se apresentar trabalhos para divulgar os resultados da etapa 1 do projeto. Já na imprensa, a intenção é publicar artigos que divulguem os resultados das etapas 1 a 5 e que ajudem a promover a realização da etapa 3.

Executores: Marchi e Serafim. Consultores: Miraglia e Araki.

Período: outubro/2008 a setembro/2010.

### **ETAPA 7: SITE**

Esta etapa será dedicada à concepção e implementação de um *site* na internet sobre este projeto. Este *site* incluirá todas as atividades das seis etapas anteriores. Ou seja, ele conterá uma

descrição do projeto do kit de minifoguetes, dos resultados e fotos dos testes estáticos e dinâmicos realizados, o filme-documentário produzido, livro/apostila e artigos escritos e publicados.

Executores: Marchi, Klein Jr. e Serafim. Consultores: Miraglia e Araki.

Período: abril/2008 a setembro/2010.

### **ETAPA 8: FABRICANTE**

Esta etapa será dedicada à busca e definição de empresas que possam fabricar e comercializar o kit de minifoguete a ser desenvolvido.

Executores: Marchi e Miraglia.

Período: janeiro a setembro/2010.

Em todas as etapas serão seguidas as normas pertinentes do Exército, Aeronáutica e de outros órgãos envolvidos. Atenção especial será dada às normas de segurança recomendadas ao tipo de atividade envolvido neste projeto.

### **EQUIPE TÉCNICA**

Sem contar os alunos, o projeto será executado por uma equipe de cinco pessoas de duas instituições de pesquisa, conforme descrito abaixo, bem como suas experiências relacionadas às etapas deste projeto. As atividades de cada um no projeto, bem como o período de atuação, já foram apresentados acima, neste mesmo item 6, metodologia do projeto.

#### **Carlos Henrique Marchi**

Título: doutor em engenharia mecânica, UFSC, 2001

Instituição que atua: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Vínculo com a UFPR: professor efetivo adjunto no Depto. Eng. Mecânica

Dedicação ao projeto: 5 horas/semana

Experiência relacionada às etapas do projeto nas quais atuará:

Experiência teórica em engenharia aeroespacial:

- Simulação numérica de escoamentos subsônicos e supersônicos sobre o foguete brasileiro VLS, na graduação e mestrado na UFSC, entre 1987 e 1992, em projeto financiado pelo IAE/CTA.
- Simulação numérica de escoamentos reativos em motores-foguete, na UFSC e na UFPR, desde 1989, incluindo a coordenação de dois projetos financiados pela Agência Espacial Brasileira (2004-2007 e 2007-2009).
- Desde 2005, leciona na UFPR uma disciplina optativa, no curso de graduação em engenharia mecânica, denominada Projeto e lançamento de espaçomodelos.

Experiência prática com minifoguetes: realização ou participação na execução de 80 testes estáticos e 95 lançamentos de espaçomodelos e minifoguetes experimentais, desde 1982 até o presente, principalmente com os seguintes minifoguetes.

- Espaçomodelo Sondinha II: kit comercial; materiais = papelão, balsa e plástico; comprimento = 307 mm; diâmetro = 20 mm; propelente = pólvora negra; massa de propelente = 10 g; massa total = 32 g; com e sem pára-quedas; apogeu = 100 a 180 m; tempo de vôo = 10 a 12,6 s.
- Minifoguete experimental X-1: projeto do IAE/CTA; materiais = aço e madeira; comprimento = 430 mm; diâmetro = 38 mm; propelente = zinco e enxofre; massa de propelente = 600 g; massa total = 1600 g; com e sem pára-quedas; apogeu = 30 a 600(?) m; tempo de vôo = 5 a 22 s. Projeto financiado pela UFSC em 1988.
- Minifoguete experimental Netuno-R: projeto do CEFEC/LAE; materiais = ligas de alumínio e madeira; comprimento = 430 mm; diâmetro = 44 mm; propelente = sacarose e nitrato de potássio; massa de propelente = 120 g; massa total = 500 g; com e sem pára-quedas; apogeu = 500 m (previsão); tempo de vôo = 22 s (previsão). Projeto financiado pela UFSC em 1989.

**Luciano Kiyoshi Araki**

Título: doutor em métodos numéricos em engenharia, UFPR, 2007

Instituição que atua: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Vínculo com a UFPR: professor substituto no Depto. Eng. Mecânica

Dedicação ao projeto: 2 horas/semana

Experiência relacionada às etapas do projeto nas quais atuará: realizou tese de doutorado na área de propulsão de foguetes.

**José Miraglia**

Título: mestre em engenharia aeronáutica, ITA, 1994

Instituição que atua: Universidade São Marcos

Vínculo com a Universidade São Marcos: professor mestre

Dedicação ao projeto: 2 horas/semana

Experiência relacionada às etapas do projeto nas quais atuará: desde 1988, já desenvolveu diversos minifoguetes; desenvolve propelentes sólidos de baixo custo à base de nitrato de potássio e sacarose; tem ampla experiência em projetos de engenharia e desenvolvimento. Atualmente coordena o projeto "Desenvolvimento de propulsor catalítico utilizando propelentes pré-misturados", financiado pela FAPESP, processo 06/06632-5.

**José Osmar Klein Júnior**

Título: técnico em processamento de dados, OPET, 1996

Instituição que atua: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Vínculo com a UFPR: administrador de rede computacional

Dedicação ao projeto: 2 horas/semana

Experiência relacionada às etapas do projeto nas quais atuará: concepção e implementação de *site* na internet.

**Jerusa Serafim Weiss Marchi**

Título: bacharel em comunicação social, UNICENP, 2006

Dedicação ao projeto: 2 horas/semana

Experiência relacionada às etapas do projeto nas quais atuará: redação de artigos para a imprensa e para *site* na internet; revisão de textos produzidos no projeto; e, produção e edição de filme-documentário.

Todos os membros da equipe já trabalharam juntos com o coordenador deste projeto em atividades anteriores, algumas ligadas a espaçomodelismo e outras a pesquisas em engenharia aeroespacial.

**7. JUSTIFICATIVAS PARA REALIZAÇÃO DO PROJETO**

Os espaçomodelos são muito difundidos nos Estados Unidos. Também são empregados em países europeus e Canadá, entre outros. Eles são usados com fins educativos e de lazer em um tipo de atividade que se pode chamar de espaçomodelismo. Nos Estados Unidos, existem diversas empresas que comercializam espaçomodelos, seus motores e acessórios, facilitando a realização de lançamentos pelos interessados. Além disso, existem duas entidades nacionais que promovem eventos e competições e fomentam o espaçomodelismo: NAR – National Association of Rocketry e Tripoli. Países como a França possuem entidades destinadas a apoiar seus estudantes no espaçomodelismo, com os seguintes objetivos: despertar vocações, motivar a criatividade, o trabalho em equipe e o espírito científico.

No Brasil, a situação é muito diferente. Desde os anos 70, surgiram algumas empresas que comercializavam espaçomodelos. Mas nenhuma delas sobreviveu muito tempo. Atualmente, é conhecida apenas uma empresa que fabrica um único tipo de espaçomodelo-padrão cuja utilidade

educativa é pequena. Esta empresa também produz dois tipos de motores cujo desempenho (curva de empuxo e parâmetros propulsivos) são desconhecidos.

Este projeto visa suprir estas deficiências nacionais através do desenvolvimento, difusão e comercialização de um kit didático de espaçomodelos no Brasil, fornecendo um caráter mais científico a este tipo de atividade, permitindo entender os princípios da engenharia aeroespacial. A difusão e popularização do espaçomodelismo no Brasil, conforme explicado na seção anterior, se dará em várias frentes: *site* na internet, livro, filme-documentário, artigos, exposições públicas de lançamentos e curso sobre espaçomodelismo. O kit permitirá aos jovens desenvolver a criatividade.

Consideramos o espaçomodelismo uma atividade multidisciplinar porque envolve diversas áreas do conhecimento: matemática, física, química, português, estatística, informática, engenharias aeroespacial, mecânica, elétrica, de materiais, química, de segurança, entre outras, num único objeto: o espaçomodelo ou minifoguete. O espaçomodelismo também permite verificar algo muito importante: comparar a teoria com a prática, a um custo baixo. Além disso, o espaçomodelismo ajuda a despertar vocações para carreiras científicas e tecnológicas. Um exemplo é o coordenador deste projeto (Marchi), que foi despertado para a astronáutica ao ter contato com um espaçomodelo em 1983, quando cursava o ensino médio; desde então atua em engenharia aeroespacial; atualmente coordena seu segundo projeto financiado pela Agência Espacial Brasileira na área de propulsão de foguetes.

A palavra foguete chama muito a atenção dos jovens, ainda mais quando podem realizar lançamentos com eles, vendo-os em funcionamento. No jornal Folha de São Paulo, de 9 de abril de 2006, o ministro da Ciência e Tecnologia, Sérgio M. Rezende, destacou a grande importância do 1º astronauta brasileiro na popularização da ciência e do programa espacial brasileiro e na atração de jovens talentos para a pesquisa científica, a engenharia e a astronáutica. Estamos certos de que este projeto terá grande contribuição também neste sentido.

## **8. RESULTADOS, AVANÇOS E APLICACÕES ESPERADAS**

Os resultados, avanços e aplicações esperadas deste projeto podem ser avaliados pelos produtos e impacto que gerará. Os produtos são: kit didático de minifoguetes, livro/apostila, *site* na internet, artigos, filme-documentário e treino de cerca de 30 alunos nos princípios da engenharia aeroespacial.

Os envolvidos neste projeto desconhecem no mundo a existência de algo similar ao kit didático de minifoguetes que se pretende desenvolver. Uma das etapas do projeto refere-se à busca e definição de empresas que possam fabricar e comercializar o kit de minifoguete a ser desenvolvido, justamente para que ele possa ser difundido pelo Brasil.

No Brasil não existe livro sobre espaçomodelismo, principalmente se for considerado o escopo do livro que se pretende escrever. Algo similar existe nos Estados Unidos, portanto em inglês, é o livro de G. H. Stine, *Handbook of Model Rocketry*.

Mesmo que o kit a ser desenvolvido não venha a ser comercializado, o fato do projeto e dos resultados serem colocados na internet, no *site* a ser criado, já será um grande avanço. Pois, haverá difusão do conhecimento adquirido, e alguma empresa poderá no futuro se interessar pela sua produção e comercialização.

O próprio *site* a ser criado, ajudará muito na difusão da engenharia aeroespacial no Brasil, conforme o parágrafo anterior. Além disso, ele conterà resultados e fotos dos testes estáticos e dinâmicos realizados, o filme-documentário produzido, livro/apostila e artigos escritos e publicados, e resultados e fotos das exposições realizadas.

Assim como existem em outras áreas do conhecimento, um avanço inédito deste projeto será a criação no Brasil de uma rede temática sobre minifoguetes educativos, com biblioteca e infraestrutura próprias para projeto e teste de novos minifoguetes. E a disponibilização às indústrias nacionais de infraestrutura para teste e qualificação de motores destinados a minifoguetes nacionais.

Em resumo, acredita-se que este projeto colaborará muito para difundir e popularizar no Brasil conhecimentos sobre a astronáutica. Servirá a estudantes, individualmente, a grupos e até professores do ensino fundamental, médio e superior, motivando-os para as ciências exatas e engenharias.

## **9. INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO ANDAMENTO DO PROJETO**

A seguir são relacionados os produtos gerados em cada etapa do projeto, que poderão servir para avaliar o seu andamento.

ETAPA 1: KIT DE MINIFOGUETES

1.1 Testes estáticos: relatórios técnicos

1.2 Projeto: relatórios técnicos

1.3 Testes dinâmicos: relatórios técnicos e o kit de minifoguetes

ETAPA 2: ENSINO: conceito final dos alunos que cursarão a disciplina em suas três ofertas

ETAPA 3: EXIBIÇÕES: relatório de cada exibição realizada

ETAPA 4: LIVRO: exemplar do livro/apostila.

ETAPA 5: FILME: DVD com o filme-documentário produzido

ETAPA 6: ARTIGOS: texto dos artigos publicados

ETAPA 7: *SITE*: o próprio site do projeto

ETAPA 8: FABRICANTE: relatório final do projeto

## **10. INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS E GRAU DE ENVOLVIMENTO COM O PROJETO**

A instituição que estará oficialmente envolvida na execução do projeto é a Universidade Federal do Paraná (UFPR), com sede em Curitiba, PR. Seu envolvimento ocorrerá na execução do projeto através de: (1) participação de seus funcionários Marchi, Klein Jr. e Araki, e alunos; e (2) disponibilização de dois laboratórios, seus equipamentos, material de expediente, energia elétrica etc.

## **11. ORÇAMENTO**

A seguir apresenta-se o orçamento do projeto para cada rubrica em que se permite o financiamento. Abaixo de cada tabela, apresenta-se a justificativa dos itens a serem adquiridos.

Tabela 1. **Material de consumo (Custeio)**

| Item | Descrição  | Unidade | Quant. | Unitário R\$ | Total R\$ |
|------|--|---------|--------|--------------|-----------|
| 1    | Motor tipo A3-4  | motor   | 120    | 10,00        | 1.200,00  |
| 2    | Motor tipo B6-5  | motor   | 120    | 10,00        | 1.200,00  |
| 3    | Kit de foguete Sonda II com 2 motores                                    | kit     | 50     | 45,00        | 2.250,00  |
| 4    | Motor tipo C6-5  | motor   | 120    | 10,00        | 1.200,00  |
| 5    | Motor tipo D12   | motor   | 120    | 20,00        | 2.400,00  |
| 6    | Motor tipo D18   | motor   | 120    | 20,00        | 2.400,00  |
| 7    | Software RockSim Apogee última versão                                    | licença | 1      | 242,00       | 242,00    |
| 8    | Kit com 24 tubos de papelão com 13, 18, 24 e 29 mm de diâmetro da Apogee | kit     | 6      | 78,00        | 468,00    |

|    |  |         |      |        |           |
|----|--|---------|------|--------|-----------|
| 9  | Kit com 19 tubos de papelão com 13, 18, 24, 33, 40 e 66 mm de diâmetro da Estes                    | kit     | 7    | 202,00 | 1.414,00  |
| 10 | Kit com anéis de centragem, tubos acopladores e tubos-guia Apogee                                  | kit     | 5    | 52,00  | 260,00    |
| 11 | Kit com tubos acopladores Estes  | kit     | 5    | 38,00  | 190,00    |
| 12 | Kit com tubos-guia Estes de 3, 5 e 6 mm  | kit     | 10   | 28,00  | 280,00    |
| 13 | Pára-queda de 24" Apogee   | peça    | 5    | 40,00  | 200,00    |
| 14 | Pára-queda de 36" Apogee   | peça    | 2    | 69,00  | 138,00    |
| 15 | Pára-queda de 59" Apogee   | peça    | 1    | 108,00 | 108,00    |
| 16 | Protetor térmico de pára-queda (pacote com 100), Apogee  | pacote  | 5    | 14,00  | 70,00     |
| 17 | Protetor térmico de pára-queda (pacote com 75), Estes  | pacote  | 5    | 21,00  | 105,00    |
| 18 | Kit com 21 cones para nariz de minifoguete para tubos com 13, 18, 24 e 29 mm de diâmetro da Apogee | kit     | 5    | 186,00 | 930,00    |
| 19 | Kit com 27 cones para nariz de minifoguete Estes   | kit     | 4    | 267,00 | 1.068,00  |
| 20 | Streamer de mylar Apogee de 2" de largura (pacote com 2)   | pacote  | 5    | 13,00  | 65,00     |
| 21 | Streamer de mylar Apogee de 4" de largura (pacote com 2)   | pacote  | 5    | 21,00  | 105,00    |
| 22 | Papel A-4, caixa com 5000 folhas   | caixa   | 1    | 100,00 | 100,00    |
| 23 | Pasta escolar 55 mm  | pasta   | 20   | 2,10   | 42,00     |
| 24 | Pasta suspensa   | pasta   | 100  | 1,40   | 140,00    |
| 25 | CD R gravável  | CD      | 50   | 2,10   | 105,00    |
| 26 | DVD R gravável   | DVD     | 20   | 7,20   | 144,00    |
| 27 | Toner 2612A para impressora HP 3020  | caixa   | 1    | 330,00 | 330,00    |
| 28 | Bateria de 9V  | bateria | 20   | 13,00  | 260,00    |
| 29 | Pilha de 1,5 V   | pilha   | 80   | 1,00   | 80,00     |
| 30 | Kit de espaçomodelo 1434 Max Trax da Estes com altímetro   | kit     | 1    | 194,00 | 194,00    |
| 31 | Kit de espaçomodelo 1406 Alpha III da Estes  | kit     | 1    | 112,00 | 112,00    |
| 32 | Kit de espaçomodelo 1452 Launchables da Estes  | kit     | 1    | 164,00 | 164,00    |
| 33 | Kit de espaçomodelo 1256 Alpha III da Estes  | kit     | 1    | 65,00  | 65,00     |
| 34 | Kit de espaçomodelo 1292 Wizard da Estes   | kit     | 1    | 37,00  | 37,00     |
| 35 | Kit de espaçomodelo 1381 Yankee da Estes   | kit     | 1    | 37,00  | 37,00     |
| 36 | Kit de espaçomodelo 1382 Comanche-3 da Estes   | kit     | 1    | 86,00  | 86,00     |
| 37 | Kit de espaçomodelo 2109 Renegade da Estes   | kit     | 1    | 68,00  | 68,00     |
| 38 | Kit com 12 espaçomodelos Aplha bulk pack da Estes  | kit     | 1    | 366,00 | 366,00    |
| 39 | Outros tipos de motores  | motor   | 360  | 20,00  | 7.200,00  |
| 40 | Ignitores para disparo dos motores   | ignitor | 1000 | 1,50   | 1.500,00  |
| 41 | Despesas eventuais de material de consumo  |         |      |        | 3.000,00  |
| 42 | Materiais para bancadas  |         |      |        | 1.000,00  |
|    | Total Custeio, material de consumo   |         |      |        | 31.323,00 |

Itens 1, 2, 4 a 6, 28, 29, 39 a 42: para a subetapa 1.1 Testes estáticos

Itens 7, 22 a 25 e 27: para a subetapa 1.2 Projeto e administração deste projeto de ensino

Itens 1 a 6, 8 a 21, 28 a 41: para a subetapa 1.3 Testes dinâmicos e análise de projetos de espaçomodelos da Estes e Apogee

Itens 30 a 38 para exposição de kits de espaçomodelos nas exposições da etapa 3.

**Tabela 2. Serviços de terceiros (Custeio)**

| Item | Descrição            | Unidade | Quant. | Unitário R\$ | Total R\$ |
|------|----------------------|---------|--------|--------------|-----------|
| 1    | Revelação de fotos   | foto    | 1000   | 0,70         | 700,00    |
| 2    | Montagem de bancadas |         |        |              | 1.000,00  |
|      | Total                |         |        |              | 1.700,00  |

Item 1 para registro das atividades do projeto e exposições da etapa 3.

Item 2 para montagem e fabricação por terceiros das bancadas para testes estáticos.

**Tabela 3. Passagens e diárias (Custeio)**

| Item | Descrição                           | Unidade   | Quant. | Unitário R\$ | Total R\$ |
|------|-------------------------------------|-----------|--------|--------------|-----------|
| 1    | Passagem Curitiba-São Paulo         | ida-volta | 5      | 500,00       | 2.500,00  |
| 2    | Passagem de Curitiba ao fabricante  | ida-volta | 1      | 1.000,00     | 1.000,00  |
| 3    | Passagem de São Paulo ao fabricante | ida-volta | 1      | 1.000,00     | 1.000,00  |
| 4    | Diárias                             | dia       | 10     | 1.875,00     | 1.875,00  |
|      | Total                               |           |        |              | 6.375,00  |

Para o integrante (Miraglia) da equipe, que é de São Paulo, fazer visitas de trabalho a Curitiba visando participar da execução das etapas 1, 3 e 5. Para o coordenador (Marchi) do projeto visitar o integrante (Miraglia) da equipe, de São Paulo, visando executar a subetapa 1.2 do projeto. Para o coordenador e Miraglia visitarem o provável fabricante do kit de minifoguetes.

**Tabela 4. Material permanente (Capital)**

| Item | Descrição  | Unidade   | Quant. | Unitário R\$ | Total R\$ |
|------|--|-----------|--------|--------------|-----------|
| 1    | Balança Aerocon de 300 g e precisão de 0,1 g   | balança   | 1      | 314,00       | 314,00    |
| 2    | Balança Aerocon de 600 g e precisão de 0,1 g   | balança   | 1      | 336,00       | 336,00    |
| 3    | Balança Aerocon de 4 kg e precisão de 0,5 g  | balança   | 1      | 314,00       | 314,00    |
| 4    | Sistema de aquisição de dados para 200N Aerocon DAQ1                                   | sistema   | 1      | 688,00       | 688,00    |
| 5    | Altímetro eletrônico de bordo Apogee   | altímetro | 6      | 400,00       | 2.400,00  |
| 6    | Kit windows para transferir resultados do altímetro para micro                         | kit       | 2      | 130,00       | 260,00    |
| 7    | Rampa de lançamento 6,2 mm Estes E da Apogee   | rampa     | 5      | 144,00       | 720,00    |
| 8    | Kit com rampa de lançamento 3,2 mm e sistema de ignição de 6 m Quest da Apogee         | kit       | 5      | 87,00        | 435,00    |
| 9    | Sistema de ignição de 9 m Estes E da Apogee  | peça      | 5      | 144,00       | 720,00    |
| 10   | Altímetro manual Altitrak da Estes   | altímetro | 5      | 110,00       | 550,00    |
| 11   | Armário com 198x120x45 cm W3   | armário   | 3      | 1.000,00     | 3.000,00  |
| 12   | Balança eletrônica de precisão Marte AS500   | balança   | 1      | 2.370,00     | 2.370,00  |
| 13   | Paquímetro digital de 15 cm LeeTools   | paquim.   | 1      | 283,00       | 283,00    |
| 14   | Trena em fibra de vidro de 50 m com manivela Lufkin                                    | trena     | 1      | 150,00       | 150,00    |
| 15   | Trena ultrasônica Sonin de 75 m  | trena     | 1      | 500,00       | 500,00    |
| 16   | Cronômetro modelo SL928M Oregon Scientific   | cron.     | 3      | 246,00       | 738,00    |
| 17   | Anemômetro digital AD-250 Instrutherm  | anem.     | 1      | 271,00       | 271,00    |
| 18   | Altímetro digital EB833 com termômetro Oregon Scientific                               | altim.    | 1      | 547,00       | 547,00    |
| 19   | Câmara fotográfica digital + cartão de memória SD Dane-Elec 1 GB + carregador e pilhas | câmara    | 1      | 1.490,00     | 1.490,00  |
| 20   | Filmadora digital DVD DCR-DVD105 Sony  | filmadora | 1      | 2.999,00     | 2.999,00  |
| 21   | Célula de carga S2/20, carga até 20 N, da HBM  | célula    | 2      | 1.650,00     | 3.300,00  |
| 22   | Célula de carga S2/50, carga até 50 N, da HBM  | célula    | 1      | 1.650,00     | 1.650,00  |
| 23   | Célula de carga S2/100, carga até 100 N, da HBM  | célula    | 2      | 1.650,00     | 3.300,00  |
| 24   | Despesas eventuais de Equipamentos e Material Permanente                               |           |        |              | 3.000,00  |
|      | Total Equipamentos e Material Permanente   |           |        |              | 30.335,00 |

Itens 1 a 4, 6, 9, 12, 13, 18, 21 a 24: para a subetapa 1.1 Testes estáticos

Itens 1 a 3, 5, 7 a 10, 12 a 18: para a subetapa 1.3 Testes dinâmicos

Item 11: para guardar num laboratório os equipamentos, material de consumo e bibliográfico, e kits de espaçomodelos do projeto.

Item 19: para realizar o registro fotográfico das atividades do projeto, permitindo fazer as exposições da etapa 3 e incluir as fotos do projeto nos relatórios técnicos e na internet.

Item 20: para realizar a etapa 5 Filme-documentário.

**Tabela 5. Material bibliográfico (Capital)**

| Item | Descrição   | Unidade | Quant. | Unitário R\$ | Total R\$ |
|------|---|---------|--------|--------------|-----------|
| 1    | Teaching science through model rocketry                         | livro   | 1      | 117,00       | 117,00    |
| 2    | Model rocket propulsion   | livro   | 1      | 33,00        | 33,00     |
| 3    | 69 simple science fair projects with model rockets: aeronautics | livro   | 1      | 38,00        | 38,00     |
| 4    | Model rocket design & construction                              | livro   | 1      | 65,00        | 65,00     |
| 5    | Material bibliográfico da NAR: livros e relatórios técnicos     | itens   | 54     |              | 1.209,00  |
| 6    | Apogee's technical reports                                      | CD      | 1      | 151,00       | 151,00    |
| 7    | Outros livros   | livro   |        |              | 500,00    |
|      | Total Capital, material bibliográfico                           |         |        |              | 2.113,00  |

Itens 1 a 7: para formar a biblioteca básica da rede temática sobre espaçomodelismo, ao final do projeto, e permitir aos integrantes do projeto o aprofundamento e atualização de seus conhecimentos sobre espaçomodelismo.

|                |   |                      |
|----------------|---|----------------------|
| <b>Totais:</b> | <b>Material Bibliográfico</b>             | <b>R\$ 2.113,00</b>  |
|                | <b>Custeio</b>                            | <b>R\$ 33.023,00</b> |
|                | <b>Diárias</b>                            | <b>R\$ 1.875,00</b>  |
|                | <b>Passagens</b>                          | <b>R\$ 4.500,00</b>  |
|                | <b>Equipamentos e Material permanente</b> | <b>R\$ 30.335,00</b> |
|                | <b>Bolsas</b>                             | <b>R\$ 0,00</b>      |

**Total geral R\$ 71.846,00**

## **12. CRONOGRAMA FÍSICO E FINANCEIRO**

Na tabela abaixo, apresenta-se o cronograma de execução física das atividades previstas nas etapas 1 a 8, organizado em períodos trimestrais. Atualmente, a etapa 1 está em andamento.

**Início: abril/2008.**

**Término: setembro/2010.**

| Etapa | Descrição                             | 2008 |    |    | 2009 |    |    |    | 2010 |    |    |
|-------|---------------------------------------|------|----|----|------|----|----|----|------|----|----|
|       |                                       | 2º   | 3º | 4º | 1º   | 2º | 3º | 4º | 1º   | 2º | 3º |
| 1.1   | Kit de minifoguetes: testes estáticos | X    | X  | X  |      |    |    |    |      |    |    |
| 1.2   | Kit de minifoguetes: projeto          |      |    |    | X    | X  | X  |    |      |    |    |
| 1.3   | Kit de minifoguetes: testes dinâmicos |      |    |    |      | X  | X  | X  | X    | X  |    |
| 2     | Ensino                                | X    |    |    | X    | X  |    |    | X    | X  |    |
| 3     | Exibições                             |      | X  | X  | X    | X  | X  | X  | X    | X  | X  |
| 4     | Livro                                 |      |    |    |      |    |    |    |      | X  | X  |
| 5     | Filme                                 | X    | X  | X  | X    | X  | X  | X  | X    | X  | X  |
| 6     | Artigos                               |      |    | X  | X    | X  | X  | X  | X    | X  | X  |
| 7     | Site                                  | X    | X  | X  | X    | X  | X  | X  | X    | X  | X  |
| 8     | Fabricante                            |      |    |    |      |    |    |    | X    | X  | X  |

Cronograma financeiro: solicita-se a liberação total dos recursos em uma única parcela, tão logo isso seja possível.

## **13. EXISTÊNCIA DE FINANCIAMENTO DE OUTRAS FONTES**

Atualmente, este projeto não conta com apoio financeiro de nenhuma fonte de fomento.

## **14. DESCRIÇÃO DOS EVENTUAIS APOIOS E FINANCIAMENTOS RECEBIDOS**

Este projeto está em desenvolvimento desde 2004 na UFPR. As atividades são desenvolvidas basicamente pelo seu coordenador, com apoio de alguns alunos de graduação e um colega-professor da UFPR. A UFPR apóia o projeto por meio de seus laboratórios e equipamentos disponíveis, e parte do tempo de trabalho do coordenador deste projeto.

## **COMENTÁRIOS SOBRE O ATENDIMENTO AOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO**

A seguir são apresentados comentários que mostram o atendimento deste projeto aos critérios de avaliação mencionados no item 4.2.1 do Edital MCT/CNPq 42/2007.

### **Potencial de aplicabilidade dos resultados do projeto**

Como todos os produtos/resultados do projeto estarão disponíveis na internet, acredita-se que eles serão amplamente aplicados/usados. Além disso, uma das etapas (8) é dedicada especialmente para transferir a uma indústria o principal produto (kit de minifoguetes) deste projeto, para sua comercialização e, portanto, ampla divulgação ao público em geral.

### Competência e experiência demonstradas do coordenador e da equipe do projeto no tema proposto

Um resumo sobre cada membro da equipe foi apresentado na seção 6 (metodologia) deste projeto. Detalhes podem ser vistos no currículo Lattes de cada um deles.

Três (Marchi, Miraglia e Araki) membros da equipe do projeto têm conhecimentos teóricos e práticos adequados e até muito superiores aos necessários ao desenvolvimento do kit de minifoguetes, o cerne do projeto, bem como às linhas de ação Livro e Artigos. Os dois (Serafim e Klein Jr.) outros membros têm conhecimentos teóricos e práticos pertinentes a suas participações no projeto, referentes às linhas de ação Filme e Site.

### Descrição dos resultados esperados

Critério descrito nas seções 8 e 9 deste projeto.

### A instituição executora demonstra experiência nas linhas de ação deste edital e infra-estrutura adequada para execução da proposta

A Universidade Federal do Paraná é uma instituição com décadas de experiência em ensino, pesquisa e extensão em diversos níveis (ensino médio, superior e pós-graduação). São desenvolvidos nela, atualmente, centenas de projetos de pesquisa, ensino e desenvolvimento.

A infra-estrutura básica para desenvolver o projeto já existe em dois laboratórios da Universidade Federal do Paraná. (1) Laboratório de experimentação numérica: espaço para o coordenador, Araki e alunos do projeto, e infra-estrutura computacional para executar as etapas 1.2, 4, 5, 6 e 7 do projeto. (2) Laboratório de engenharia térmica: tem sistema de aquisição de dados para executar a etapa 1.1 do projeto, uma célula de carga para 50 N, e espaço para os armários, equipamentos e material de consumo a serem adquiridos.

### Adequação do orçamento apresentado para alcance dos objetivos da proposta

Consideramos o orçamento bastante enxuto mas suficiente para o desenvolvimento deste projeto. Lembramos que a infra-estrutura a ser obtida (equipamentos) também será usada, após a conclusão do projeto, na criação de uma rede temática sobre minifoguetes educativos, com biblioteca e infra-estrutura próprias para projeto e teste de novos minifoguetes. E a disponibilização às indústrias nacionais de infra-estrutura para teste e qualificação de motores destinados a minifoguetes nacionais.

### Adequação do método de avaliação e dos indicadores a serem utilizados para análise dos resultados do projeto

Cada linha de ação ou etapa do projeto resultará em um ou mais produtos, conforme descrito no item 9. Portanto, a execução adequada do projeto poderá ser facilmente verificada.

### Consistência da proposta em relação aos objetivos e linhas temáticas do edital

O projeto atende aos três objetivos do Edital, mencionados em seu item 1.2.

O projeto atende às cinco linhas temáticas do Edital, mencionadas em seu item 1.6, conforme segue:

Linha 1: kit didático de minifoguetes; curso; livro/apostila; filme-documentário; site; e artigos de divulgação.

Linha 2: realização de palestras, mostra de vídeos e kits de minifoguetes nas exposições públicas de lançamentos e testes estáticos de minifoguetes, para o público em geral e para estudantes.

Linha 3: site do projeto na internet.

Linha 4: site do projeto na internet; filme-documentário para TV; artigos para a imprensa.

Linha 5: desenvolvimento de kit didático de minifoguetes.