

TRAJETÓRIAS ESPACIAIS

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Aluno: Yago Teodoro de Mello, USP, yago.mello@usp.br

Orientador: Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado, INPE,
antonio.prado@inpe.br

Coorientador: Diogo Merguizo Sanchez, INPE, diogo.sanchez@inpe.br

São Carlos
Julho de 2019

Sumário

	Sumário	2
	Lista de ilustrações	3
1	Símbolos e Abrevisturas	4
2	Resumo	4
3	Introdução	5
4	Objetivos	6
5	Fundamentação	7
6	Materiais	8
7	Métodos	8
8	Resultados	10
8.1	<i>Geral</i>	<i>10</i>
8.2	<i>GUI</i>	<i>10</i>
8.3	<i>Window</i>	<i>11</i>
8.4	<i>Voyage</i>	<i>12</i>
9	Conclusão	13
10	Referências	14

Lista de ilustrações

Figura 1 – Janela gerada pelo Wine	5
Figura 2 – Exemplo de erro encontrado durante compilação	8
Figura 3 – Auto compilação	9
Figura 4 – Interface Gráfica	9
Figura 5 – Window sendo executado em terminal	11
Figura 6 – Voyage sendo executado em terminal	12

1 Símbolos e Abrevisturas

- GUI - Graphical User Interface
- OS - Sistema Operacional
- Programas - Voyage e Window

2 Resumo

A iniciação científica consistiu na atualização de *softwares* úteis ao INPE que não podiam ser executados em versões mais recentes do sistema operacional *Microsoft Windows*. O aluno teve exito em modificar o código para que pudesse ser executado em sistemas Linux, usando como interface a linha de comando.

Um objetivo secundário era o desenvolvimento de uma interface gráfica para os programas, que ficou parcialmente pronta.

3 Introdução

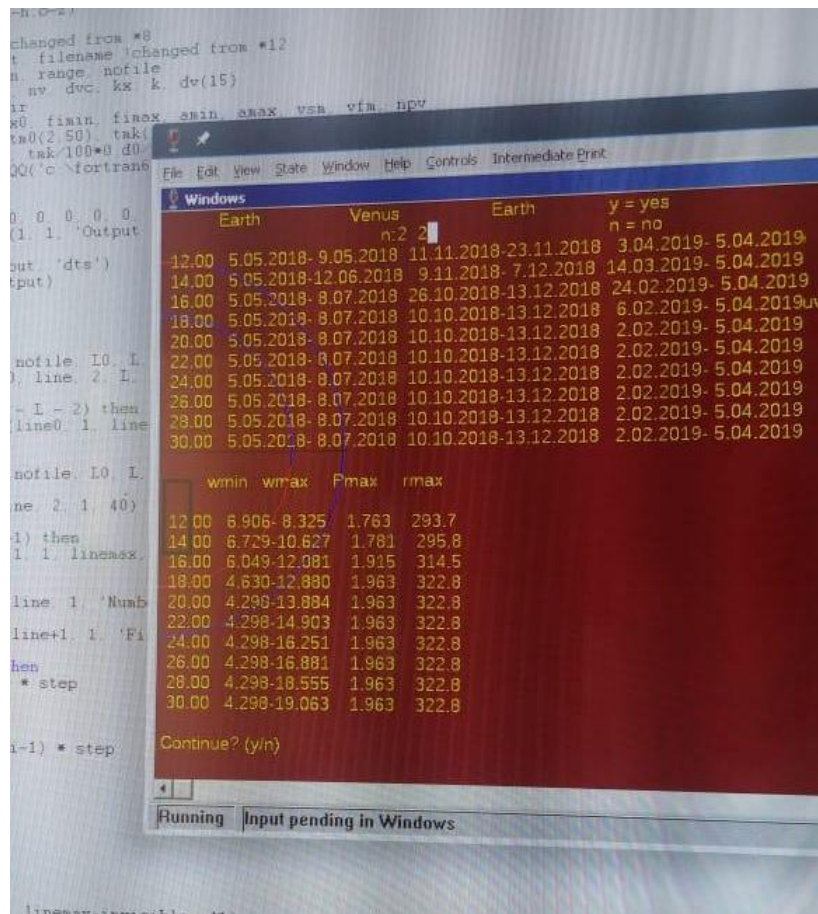
Com a chegada de versões mais novas do Sistema Operacional *Microsoft Windows*, softwares usados no INPE como o de cálculo de janelas de transferência de órbitas passaram a não funcionar. Esse problema foi contornado por anos usando computadores desatualizados propositalmente. (Os programas atualizados nessa iniciação científica necessitavam do *Windows XP*.)

Com o anúncio de que processadores novos não suportariam mais o *Windows XP*, tornou-se uma questão de tempo até que não houvessem mais computadores capazes de rodar os programas.

Pode-se usar máquinas virtuais para executar os programas, só que elas também traziam problemas, como a necessidade de resoluções específicas da janela.

Camadas de compatibilidade também não apresentavam resultados adequados, como em um teste realizado no Wine no início da iniciação científica, em que caracteres desapareciam e o desenho das órbitas não funcionava corretamente.

Figura 1 – Janela gerada pelo Wine



Fonte: Imagem capturada pelo aluno

A opção mais viável era modificar os programas, o que deu origem a essa iniciação científica.

4 Objetivos

O aluno foi encarregado de modificar os programas para que funcionem em computadores atuais. Foi decidido também que os programas seriam portados para Linux.

Alguns objetivos secundários foram definidos, como o desenvolvimento de uma interface gráfica em *QT*, e caso houvesse tempo, a inclusão da pressão solar nos cálculos dos programas.

O seguinte cronograma foi adotado:

- Revisão bibliográfica. 2 meses
- Estudo teórico e adequação de todos os códigos do programa à linguagem FORTRAN moderna e portabilidade do programa para uma versão multiplataforma. 6 meses
- Adição da pressão de radiação solar como perturbação das trajetórias. 4 meses

5 Fundamentação

Os erros mais comuns eram causados por chamadas de funções de bibliotecas existentes apenas no *Windows XP*, na IDE *Compaq Visual Fortran*. O Aluno removeu essas chamadas, escrevendo código que exercesse a mesma função.

A maioria dos erros estava ligado à biblioteca gráfica MSFLIB, que foi substituída por simples Prints, permitindo que o programa fosse executado no terminal do Linux.

Toda a parte de desenho de órbitas dependia de bibliotecas do *Compaq Visual Fortran*, e foi removida completamente.

Algumas funções (DTIME) estavam nomeadas com palavras reservadas da linguagem, então foi passado um *grep* em todo o código fonte para identificar todas as chamadas, e em seguida o nome da função foi alterado.

Todos os caminhos de arquivo de dados foram alterados para funcionar com a nova estrutura de arquivos dos programas.

Alguns arquivos possuíam caracteres inválidos (especialmente após o comando END). Esses caracteres foram removidos.

6 Materiais

Toda a Iniciação Científica foi baseada em Software, usando o seguinte sistema para desenvolvimento e testes:

System: openSUSE Tumbleweed 20190721

KDE Plasma Version: 5.16.2

KDE Frameworks Version: 5.59.0

Qt Version: 5.13.0

Kernel Version: 5.1.16-1-default

OS Type: 64-bit

Processors: 12 × AMD Ryzen 5 2600X Six-Core Processor

Memory: 7.8 GiB of RAM

Como compilador foi usado o GNU Fortran (SUSE Linux) 9.1.1 20190703 [gcc-9-branch revision 273008].

O editor de texto utilizado foi o Kate 19.04.3.

7 Métodos

Inicialmente o aluno estudou sobre a linguagem de programação FORTRAN, na qual os programas estão escritos. Estudou também sobre mecânica orbital, que é o foco dos programas.

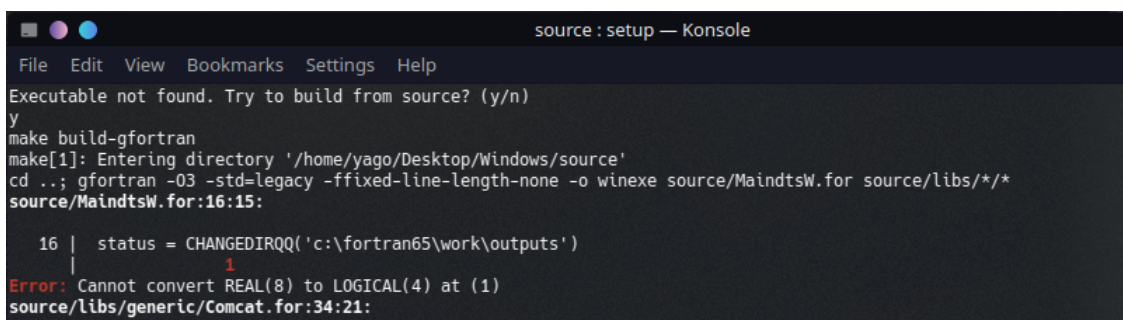
Para o desenvolvimento da interface, estudou sobre QT e C++.

Após essa etapa de estudos, planejamento e familiarização, começou-se a modificar os programas.

Devido à complexidade dos programas, optou-se por fazer alterações nos códigos fonte apenas onde necessário.

O Aluno optou por copiar todo o código fonte de cada um dos programas, tentar compilar no Linux, analisar os erros retornados pelo compilador e fazer as modificações necessárias até acabarem os erros.

Figura 2 – Exemplo de erro encontrado durante compilação



```

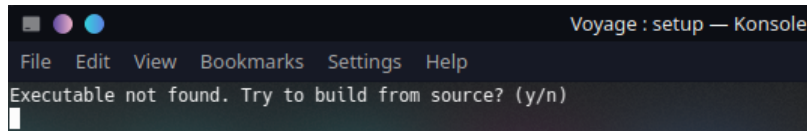
source : setup — Konsole
File Edit View Bookmarks Settings Help
Executable not found. Try to build from source? (y/n)
y
make build-gfortran
make[1]: Entering directory '/home/yago/Desktop/Windows/source'
cd ..; gfortran -O3 -std=legacy -ffixed-line-length-none -o winexe source/MaindtsW.for source/libs/**/*.for:16:15:
16 | status = CHANGEDIRQQ('c:\fortran65\work\outputs')
    |
Error: Cannot convert REAL(8) to LOGICAL(4) at (1)
source/libs/generic/Comcat.for:34:21:

```

Fonte: Compilação realizada pelo aluno

O Aluno também escreveu Scripts em Bash para facilitar a utilização dos programas, que além de abrir o terminal (KDE Konsole), compila o programa caso o arquivo executável não seja encontrado.

Figura 3 – Auto compilação



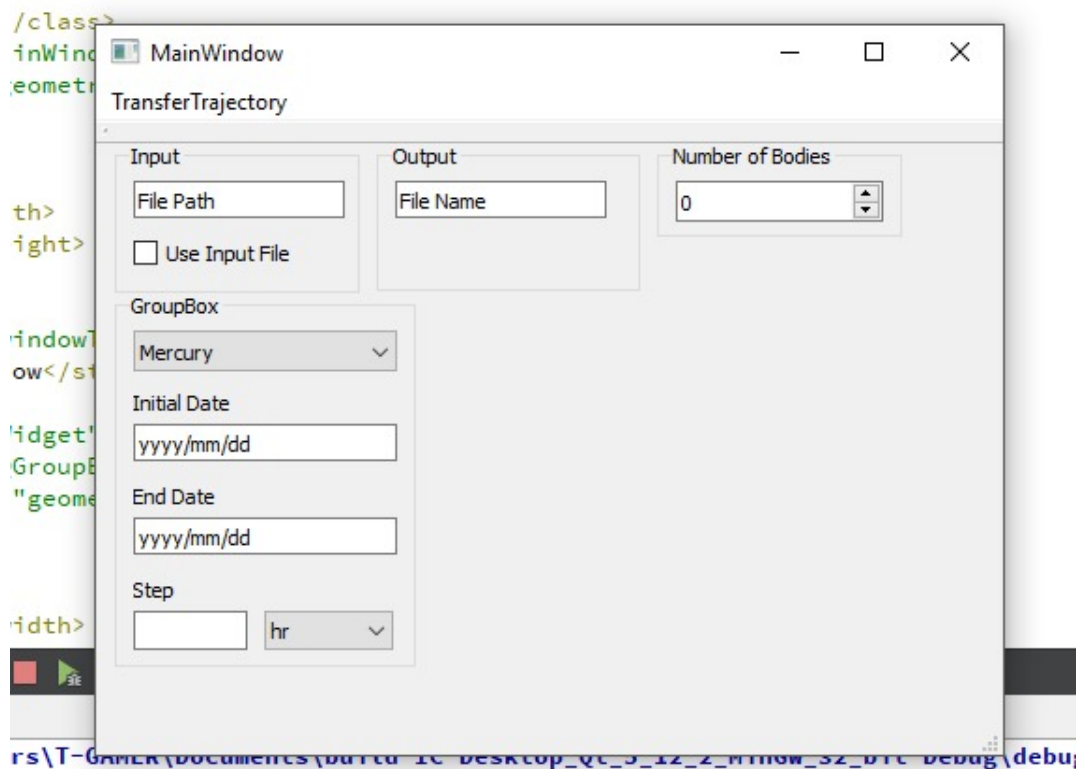
Fonte: Imagem capturada pelo aluno

Foi escrito um makefile para facilitar a compilação do programa.

Como os programas foram originalmente desenvolvidos em uma IDE, toda a organização das pastas foi refeita. Foram copiadas do projeto original apenas as bibliotecas necessárias para seu funcionamento, pois várias delas precisavam de alterações.

A interface gráfica foi desenvolvida em QT e C++, e geraria texto que em seguida seria lido pelo programa, possivelmente substituindo o stream de entrada por um stream de arquivo. Devido a falta de tempo, esse objetivo secundário ficou incompleto.

Figura 4 – Interface Gráfica



Fonte: Imagem capturada pelo aluno

8 Resultados

8.1 Geral

O Aluno conseguiu portar os programas, *Window* e *Voyage*. Para compilar no *Microsoft Windows*, basta modificar o caminho dos arquivos lidos e escritos pelo programa, uma vez que o Linux usa "/", enquanto o *Windows* usa "\" para definir o caminho (por exemplo, /home/documents no Linux e C:\Users*(Name)*\Documents no *Windows*).

A dependência da biblioteca *MSFLIB* foi removida, assim como a necessidade de se usar uma máquina virtual. Os programas funcionam em qualquer resolução, desde que o terminal em que estão sendo executados aceite.

Os programas estão containerizados, não dependendo mais de pastas compartilhadas de bibliotecas e dados compartilhados.

Foi removida a necessidade de se colocar as pastas na raiz do sistema (C:\ no windows), e usar pastas com nome específico até o diretório do programa (/fortran65/Work/).

8.2 GUI

A interface gráfica (Figura 4) não ficou pronta, faltando a parte que converte os dados inseridos em um arquivo de texto que pode ser lido pelos programas. Apresentava vantagem de ser intuitiva e poder corrigir após inserir um valor incorreto. Como a interface necessitava dos programas funcionando, houve pouco tempo para sua elaboração.

8.3 Window

Figura 5 – Window sendo executado em terminal

```

Windows : winexe — Konsole
File Edit View Bookmarks Settings Help
Output file name =
teste
Number of bodies =
2
1st body:
Code, 1st and final dates, step (hour) =
3
2020.0101 2025.0101 15
Deep space maneuver? (y/n)
n

y = yes
n = no
a = there is no data file
i = insert body
d = delete body
m = deep space maneuver
2nd body:
Code, 1st and final dates, step (hour) =
4
2020.0202 2030.0101 15

Number of complete orbits in:
1st
trajectory = 0? (y/n)
y

Number of levels (1-15) =
6
First level and step =
3 0.3
call flight- 1

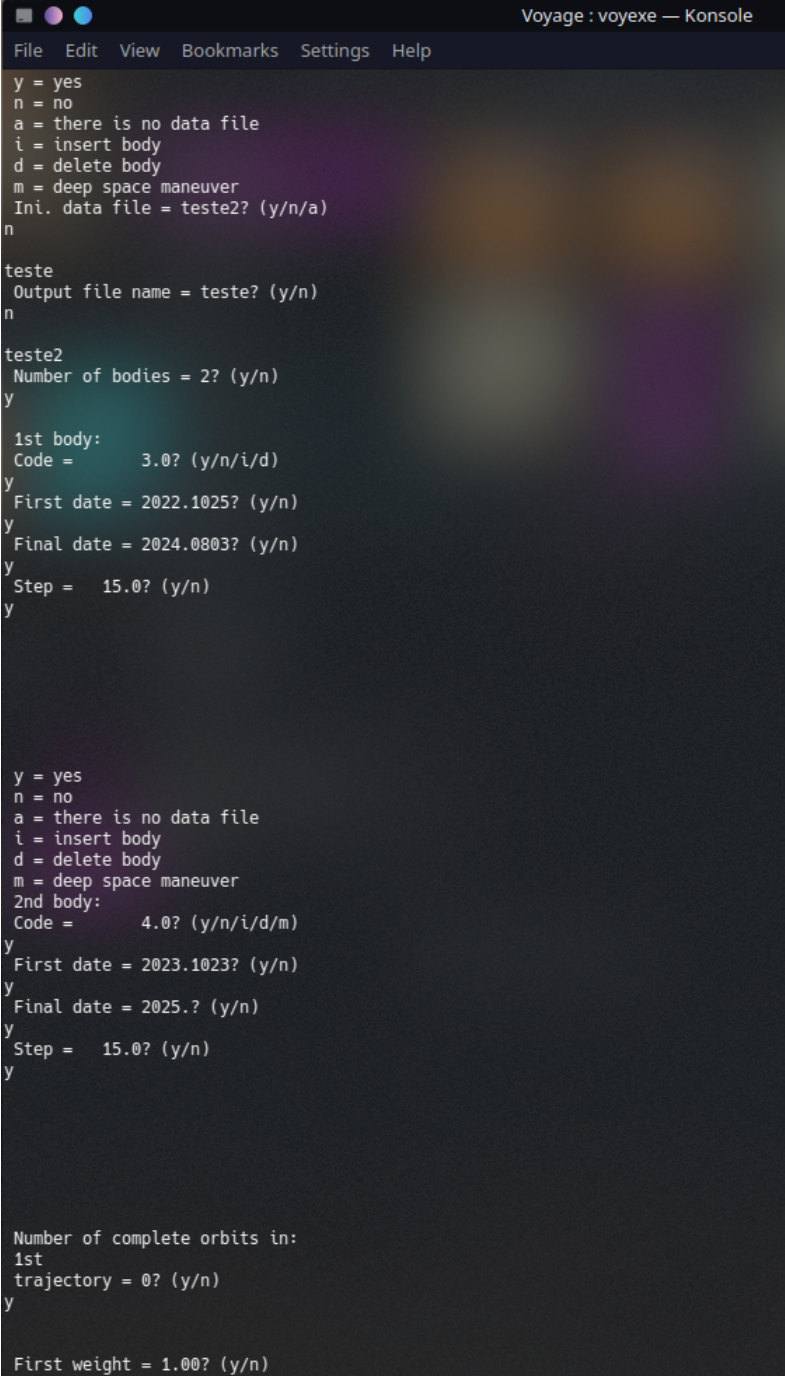
      Earth          Mars
3.90  6.03.2023-30.03.2024  28.02.2024-11.12.2024
4.20  4.11.2022-24.07.2024  28.02.2024-18.04.2025
4.50  25.10.2022- 3.08.2024  23.10.2023-24.08.2025
      wmin  wmax    Pmax    rmax
3.90  2.521- 5.543    1.561    253.5
4.20  2.521- 6.598    1.822    297.2
4.50  2.511- 8.561    2.105    342.4
Continue? (y/n)

```

Fonte: Imagem capturada pelo aluno

8.4 Voyage

Figura 6 – Voyage sendo executado em terminal



```
Voyage : voyexe — Konsole
File Edit View Bookmarks Settings Help
y = yes
n = no
a = there is no data file
i = insert body
d = delete body
m = deep space maneuver
Ini. data file = teste2? (y/n/a)
n

teste
Output file name = teste? (y/n)
n

teste2
Number of bodies = 2? (y/n)
y

1st body:
Code = 3.0? (y/n/i/d)
y
First date = 2022.1025? (y/n)
y
Final date = 2024.0803? (y/n)
y
Step = 15.0? (y/n)
y

y = yes
n = no
a = there is no data file
i = insert body
d = delete body
m = deep space maneuver
2nd body:
Code = 4.0? (y/n/i/d/m)
y
First date = 2023.1023? (y/n)
y
Final date = 2025.? (y/n)
y
Step = 15.0? (y/n)
y

Number of complete orbits in:
1st
trajectory = 0? (y/n)
y

First weight = 1.00? (y/n)
```

Fonte: Imagem capturada pelo aluno

9 Conclusão

Foram cumpridos vários objetivos, incluindo o objetivo principal, que era atualizar os *softwares*. Alguns objetivos secundários ficaram parcialmente prontos, devido a imprevistos (perda do disco rígido) e uma carga horária da universidade muito elevada.

As reuniões com os orientadores foram produtivas, orientando no desenvolvimento e explicando, por exemplo, como é a estrutura de arquivos em programas antigos, o que é difícil encontrar na literatura moderna.

O aluno se aprofundou em vários temas, como trajetórias espaciais, *Patched Conics*, QT e aprendeu FORTRAN.

10 Referências

- MONTENBRUCK, O.; GILL, E., Satellite orbits: Models, Methods and Applications. 1a. Edição, Springer, 2005.
- CURTIS, H., Orbital Mechanics for Engineering Students. 3a. Edição, Elsevier, 2014.
- <http://fortranwiki.org>, acessado em 23/07/2019
- <https://en.cppreference.com/w/>, acessado em 23/07/2019
- <https://wiki.qt.io>, acessado em 23/07/2019