



Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Divisão de Ciência da Computação

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica e Computação

Projeto Final

Componente de Software de Computador – CSC:

Comunicação, Navegação e Vigilância do VANT – VCNS

CE-235 – Sistemas Embarcados e de Tempo Real

CE-230 – Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software

Prof. Dr. Adilson Marques da Cunha

Alunos:

Marcelo Nogueira

Paulo Claudino Vêras

Felipe Medeiros

28/11

São José dos Campos

2005

SUMÁRIO

I – INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Motivação</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Contexto</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Objetivação do Protótipo de Sistemas de Software</i>	<i>2</i>
1.3.1 <i>Enunciado do Problema.....</i>	<i>2</i>
1.3.2 <i>Enunciado da Alternativa de Solução Escolhida.....</i>	<i>3</i>
1.3.3 <i>Intitulação.....</i>	<i>3</i>
1.4 <i>Redução do Escopo.....</i>	<i>3</i>
1.5 <i>Especificação dos Requisitos.....</i>	<i>3</i>
1.5.1 <i>VCOM</i>	<i>3</i>
1.5.2 <i>VNAV</i>	<i>3</i>
1.5.3 <i>VVIG</i>	<i>3</i>
1.6 <i>Ordem de Apresentação do Projeto Final</i>	<i>4</i>
II - DESENVOLVIMENTO	4
2.1 <i>Protótipo</i>	<i>4</i>
2.1.1 <i>Primeira Fase – Iniciação</i>	<i>5</i>
2.1.2 <i>Segunda Fase – Elaboração</i>	<i>7</i>
2.1.2.1 <i>– Diagrama de Casos de Uso</i>	<i>7</i>
2.1.2.2 <i>Diagrama de Seqüência.....</i>	<i>8</i>
2.1.2.3 <i>Diagrama de Classes</i>	<i>9</i>
2.1.3 <i>Terceira Fase – Construção</i>	<i>9</i>
2.1.3.1 <i>Diagramas de Estados</i>	<i>10</i>
2.1.3.2 <i>Diagramas de Estrutura.....</i>	<i>11</i>
2.1.4 <i>Quarta Fase – Transição</i>	<i>13</i>
2.1.4.1 <i>Diagramas de Estrutura.....</i>	<i>13</i>
2.2 <i>Análise de Sensitividade</i>	<i>14</i>
2.2.1 <i>Métricas em Nível de Arquivo (Line & Comments)</i>	<i>14</i>
2.2.2 <i>Métricas em Classe ou Pacote (Statements & Levels).....</i>	<i>14</i>
2.2.3 <i>Métricas de Complexidade estimada do Código Fonte (V(g)).....</i>	<i>15</i>
2.2.4 <i>Métricas de Complexidade Computacional do Código Fonte (Halstead Metrics).....</i>	<i>15</i>
2.3 <i>Estimativa de Pontos de Caso de Uso.....</i>	<i>17</i>
2.4 <i>Missão Atribuída: Cenário Fictício de Jogos de Guerra.....</i>	<i>18</i>
III - CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	18
3.1 <i>Conclusões.....</i>	<i>18</i>
3.2 <i>Recomendações.....</i>	<i>19</i>
3.3 <i>Sugestões.....</i>	<i>19</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXOS	19

I – INTRODUÇÃO

Para o cumprimento dos requisitos das disciplinas CE-230 (Qualidade, Confiabilidade e Segurança de Software) e CE-235 (Sistemas Embarcados e de Tempo Real), foi elaborado pelo Prof. Dr. Adilson Marques da Cunha e com a participação de alguns alunos, um estudo de caso denominado VANT-EC-SAT.

Este estudo de caso serviu como instrumento descritivo dos procedimentos que foram seguidos durante a execução do projeto, dos quais serão especificados a seguir:

1.1 Motivação

Foi apresentado para os alunos no Mini-Workshop de Sistemas de Software Embarcados e de Tempo Real com Qualidade, Confiabilidade e Segurança, no dia 28 de julho de 2005, das 09:00 às 12:00 h, no Mini Auditório da Divisão de Ciência da Computação do ITA e do CCA-SJ, três palestras sendo:

A primeira Palestra, das 09:00 às 09:50 h, sobre "O Projeto do Veículo Aéreo Não-Tripulado - VANT", proferida pelo Eng. Flávio Araripe, do CTA/IAE.

A segunda Palestra, das 10:00 às 10:50 h, sobre o "Projeto do Satélite Universitário entre o INPE e o ITA", proferida pelo Dr. Marco Antônio Chamon, do INPE.

A terceira e última Palestra, das 11:00 às 11:50 h, proferida pelo Prof. Dr. Adilson Marques da Cunha, onde o referido professor teve a oportunidade de expor para os principais convidados e alunos envolvidos, a Política e a Estratégia adotadas para as Disciplinas de Sistemas Embarcados; Sistemas Embarcados de Tempo Real; Sistemas de Qualidade, Confiabilidade e Segurança (Safety) de Software; e Inteligência Artificial, nos Programas de Graduação e Pós-Graduação em Eletrônica e Computação,

na Área de Informática do ITA, para o segundo semestre acadêmico que se iniciou no dia 01 de agosto de 2005.

Diante do exposto ficaram evidenciadas as necessidades que os referidos projetos demandarão, inclusive com o fomento do FINEP e CNPq.

A existência de outros projetos como ACAUÃ, HARPIA, além da necessidade de realização de missões de reconhecimento bem como o mercado de software embarcado muito amplo, completam os fatores de motivação para com o projeto.

1.2 Contexto

A partir das necessidades elaboradas no estudo de caso VANT-EC-SAT (Veículo Aéreo Não Tripulado, Estação de Controle e Satélite), foram divididos grupos de alunos responsáveis individualmente por Unidades de software. Na primeira Integração a criação de Componentes de Software e na segunda Integração a formação do Item de Configuração de Software.

Este grupo ficou responsável no item de configuração de software VANT pelo componente VCNS, composto pelas unidades de software VCOM (Comunicação), VNAV (Navegação) e VVIG (Vigilância e Reconhecimento).

1.3 Objetivação do Protótipo de Sistemas de Software

A objetivação foi dividida em três partes:

1.3.1 Enunciado do Problema

Dotar o VANT de um Componente de *Software* de Computador que possibilite o mesmo a trocar dados com a estação de controle e/ou satélite, planejar e executar a navegação do VANT e realizar a vigilância do espaço aéreo, todas em tempo real.

1.3.2 Enunciado da Alternativa de Solução Escolhida

A solução escolhida foi modelar e desenvolver três Unidades de *Softwares* de Computador – USC que propiciem a comunicação em tempo real com o Barramento de Dados do VANT, a comunicação com a Estação de Controle e o Satélite respeitando as prioridades dos dados de forma a realizar esta comunicação, o planejamento, a execução da navegação e a vigilância do espaço aéreo nas redondezas da rota do referido VANT.

1.3.3 Intitulação

Componente de Software de Computador VCNS.

1.4 Redução do Escopo

Este projeto teve como escopo pesquisar e desenvolver unidades, componentes e item de configuração de software, conforme o estudo de caso. Não coube ao projeto a realização da efetiva implementação do hardware, nem tão pouco completeza dos requisitos reais e efetivos, somente o mínimo necessário e suficiente para o cumprimento da missão estabelecida.

1.5 Especificação dos Requisitos

1.5.1 VCOM

Propiciar ao VANT, comunicação entre a Estação de Controle e o Satélite.

1.5.2 VNAV

Propiciar ao VANT, navegação, ou seja, planejamento de trajetórias.

1.5.3 VVIG

Propiciar ao VANT, vigilância através da captura de imagens.

1.6 Ordem de Apresentação do Projeto Final

Na Seção 1, apresenta-se a Motivação, o Contexto, o Enunciado do Problema e da Solução Escolhida, a Redução do Escopo e a Especificação de Requisitos deste Projeto Final.

Na Seção 2 descreve-se todo o desenvolvimento do projeto VANT-EC-SAT, com ênfase no componente de software VCNS.

Finalmente, na Seção 3, são sintetizadas as principais Conclusões, Recomendações, Sugestões, seguidas das referências bibliográficas e anexos.

II - DESENVOLVIMENTO

2.1 Protótipo

O projeto VANT-EC-SAT foi todo desenvolvido baseando-se no Processo Unificado da *Rational* (*Rational Unified Process – RUP*).

Desta forma, ele se encontra inserido em quatro fases do projeto:

1ª Fase: Iniciação (*Inception*);

2ª Fase: Elaboração (*Elaboration*);

3ª Fase: Construção (*Construction*); e

4ª Fase: Transição (*Transition*).

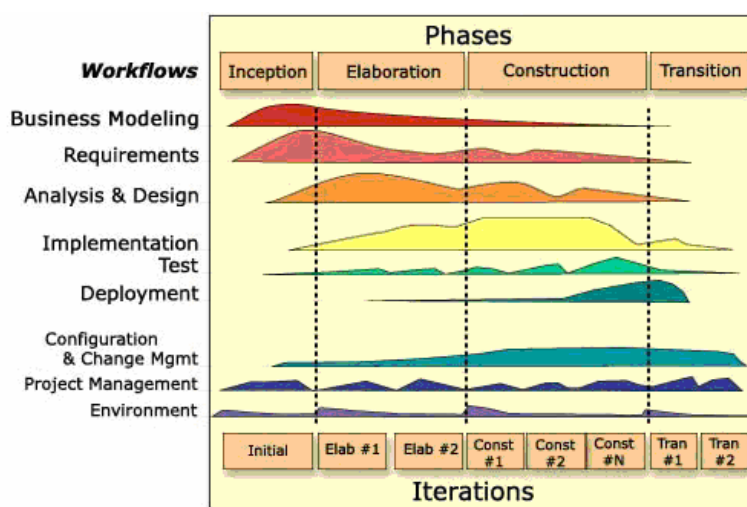


Figura 1 - Metodologia RUP.

2.1.1 Primeira Fase – Iniciação

Na fase de iniciação do *RUP* foi desenvolvida a **Linha Base Funcional** do projeto VANT-EC-SAT. Cada membro do Componente VCNS gerou cada um dos doze artefatos do RUP para a sua unidade de software conforme listados a seguir:

Plano de Desenvolvimento de Software, Caso de Desenvolvimento de Software, Visão, Solicitação dos Principais Envolvidos, Especificações Suplementares, Glossário, Lista de Riscos, Plano de Iteração – Iniciação, Modelos de Caso de Uso, Plano de Gerenciamento de Requisitos, Plano de Teste, Caso de Teste.

Foram gerados os seguintes casos de uso:

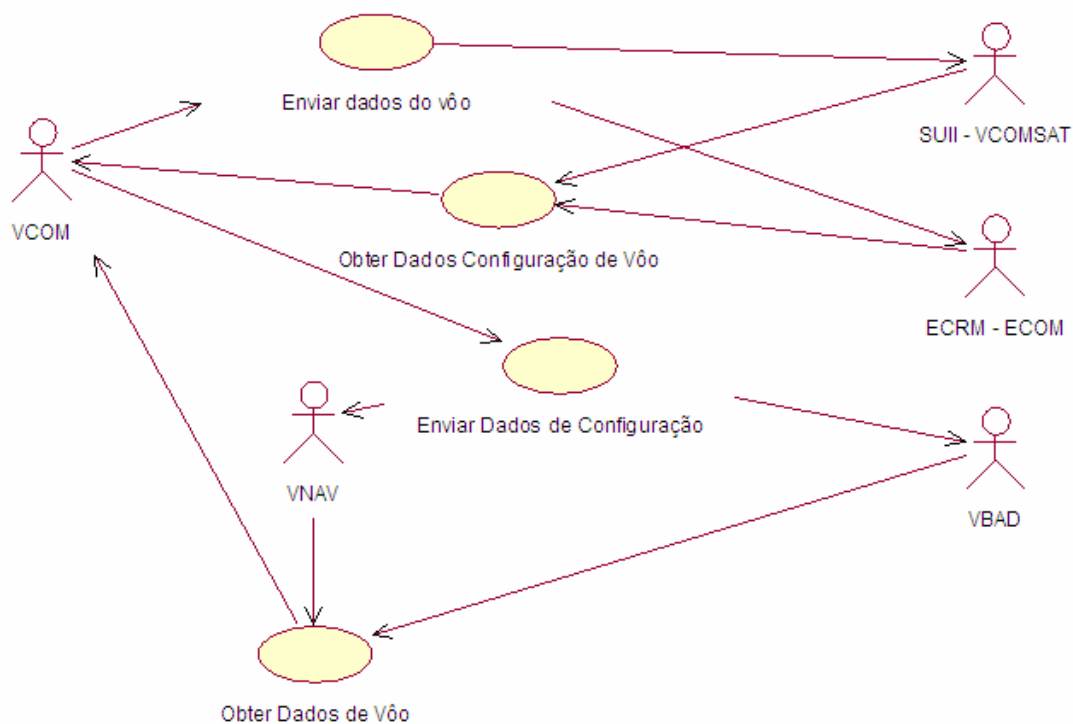


Figura 2 – Casos de Uso – Unidade de Software – VCOM.

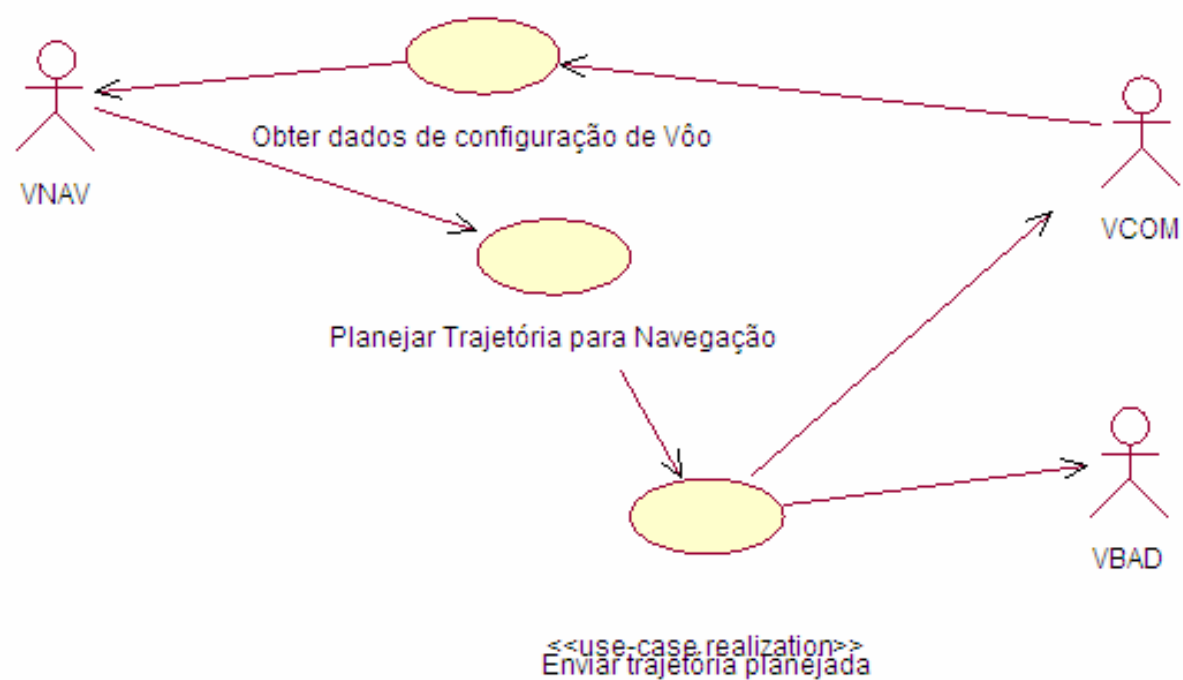


Figura 3 – Casos de Uso da Unidade de Software – VNAV.

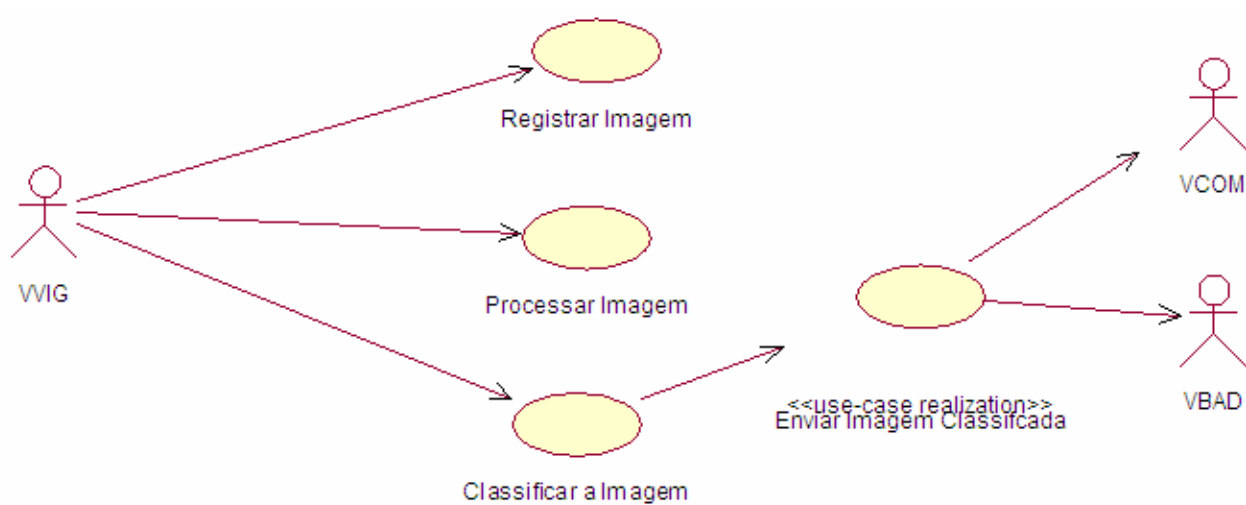


Figura 4 – Casos de Uso da Unidade de Software – VVIG.

2.1.2 Segunda Fase – Elaboração

Na fase de elaboração do *RUP* foi desenvolvida a **Linha Base Alocada** do projeto VANT-EC-SAT. Nesta fase os artefatos do Componente VCNS foram integrados. Na Linha Base Alocada foram desenvolvidos os seguintes diagramas:

2.1.2.1 – Diagrama de Casos de Uso

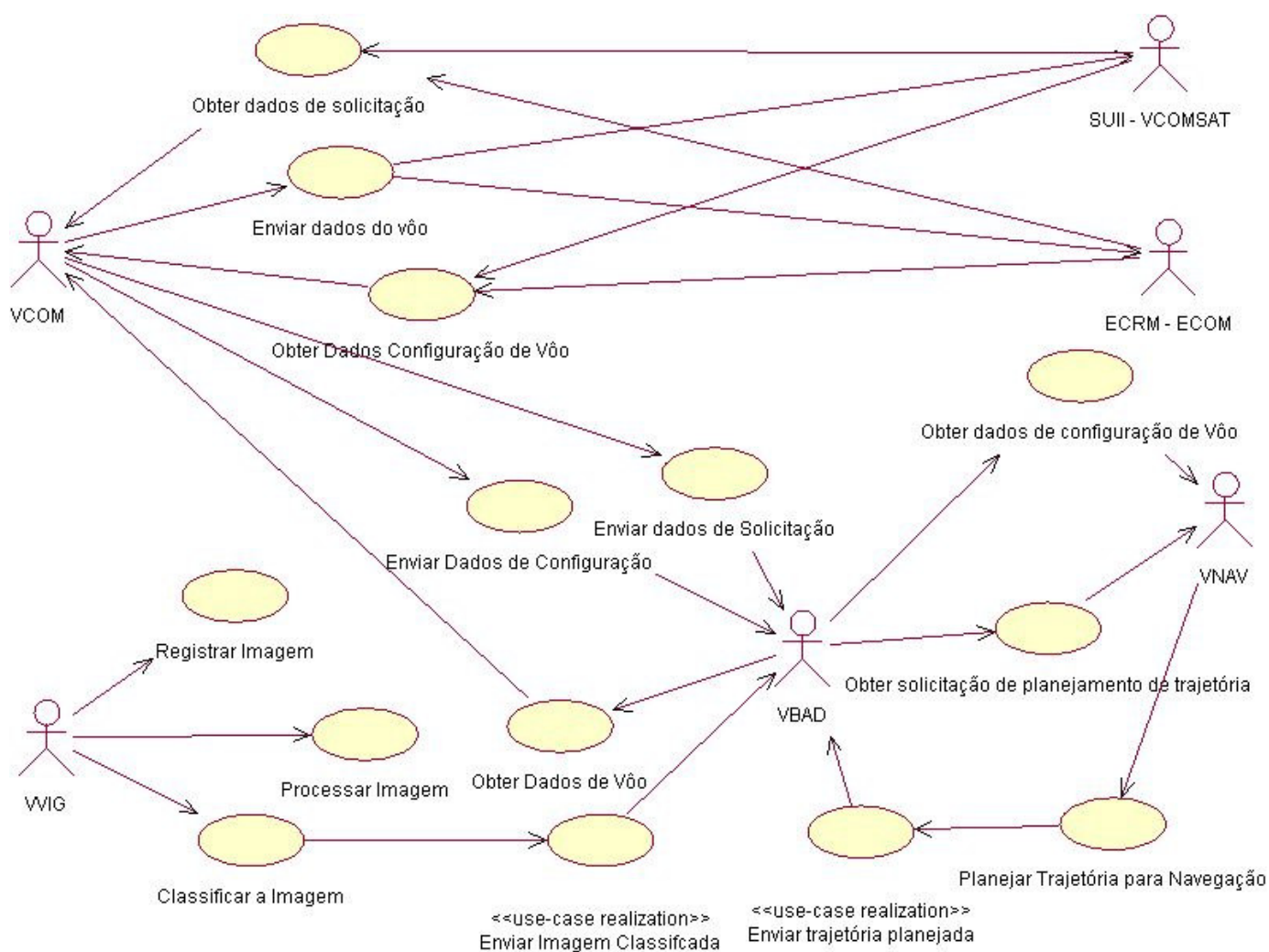


Figura 5 – Casos de Uso do componente VCNS.

2.1.2.2 Diagrama de Seqüência

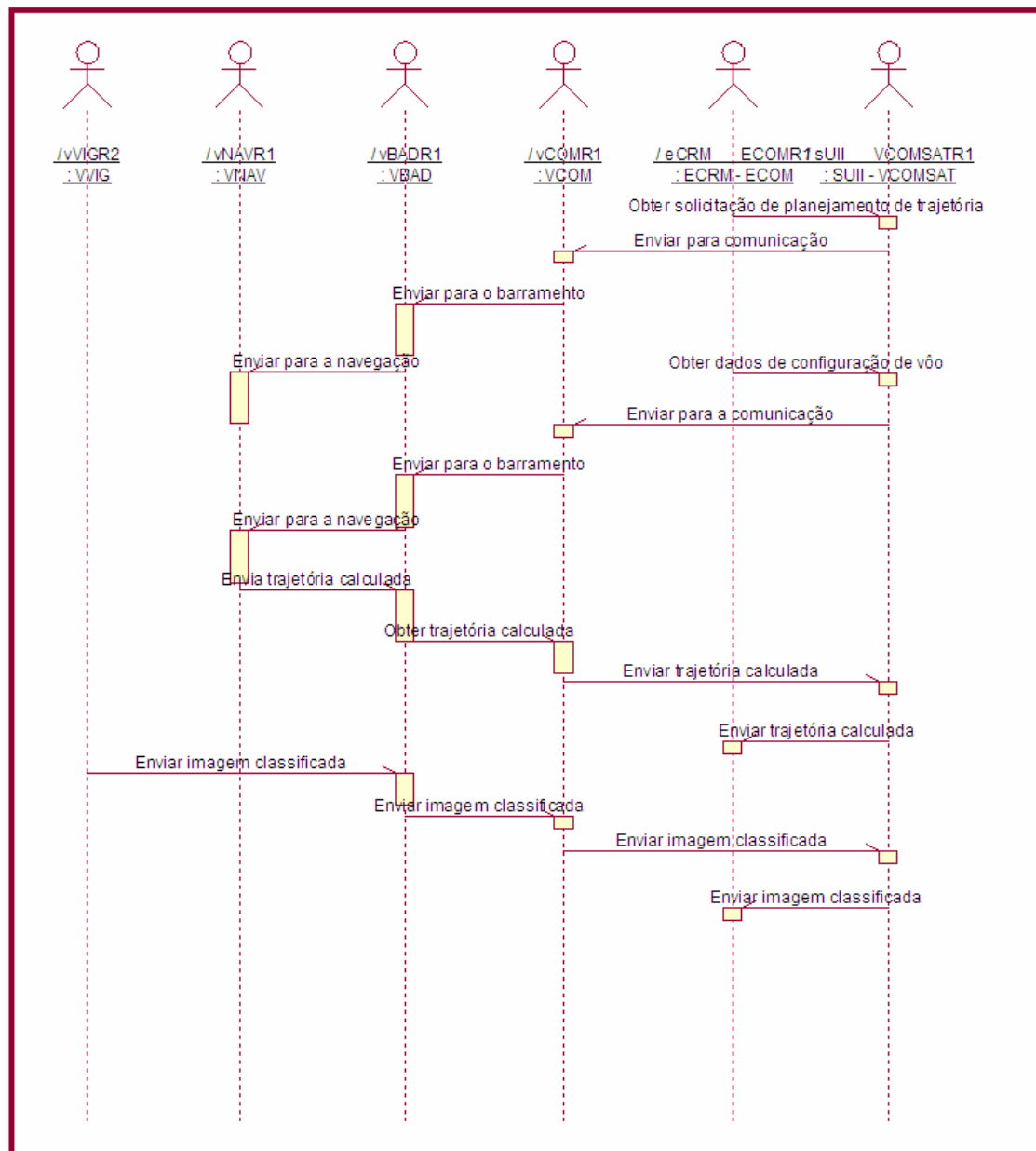


Figura 6 – Diagrama de Seqüência do componente VCNS.

2.1.2.3 Diagrama de Classes

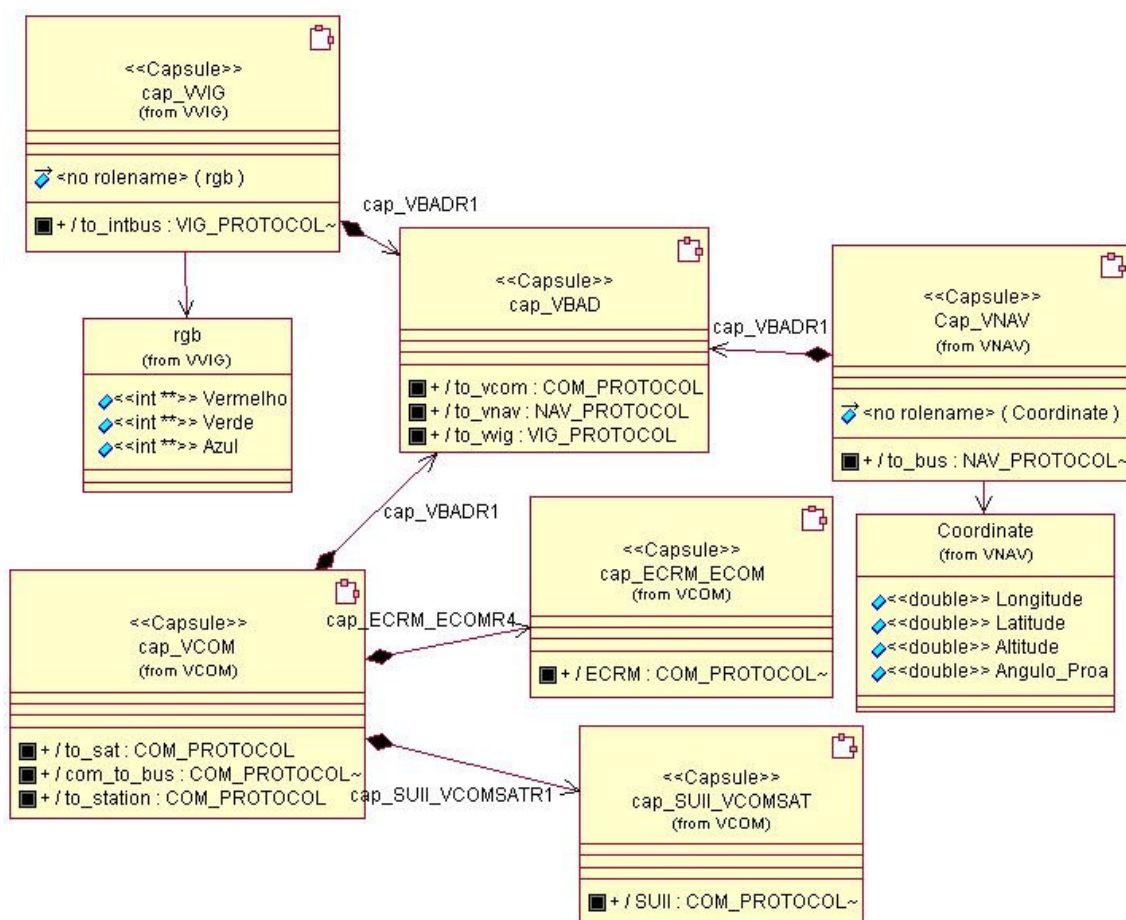


Figura 7 – Diagrama de Classe do componente VCNS.

2.1.3 Terceira Fase – Construção

O projeto VANT-EC-SAT teve suas Unidades de *Software* de Computador integrados e consolidados nesta fase de Construção do *RUP*. O resultado desta integração foram os Componentes de *Software* de Computador – CSCs. Nesta integração foi verificada a coesão entre os artefatos gerados por cada CSC.

Os 12 artefatos produzidos anteriormente foram atualizados com as respectivas integrações, bem como a preparação para a próxima integração á nível de item de configuração de software foi feita.

Foram elaborados os seguintes diagramas:

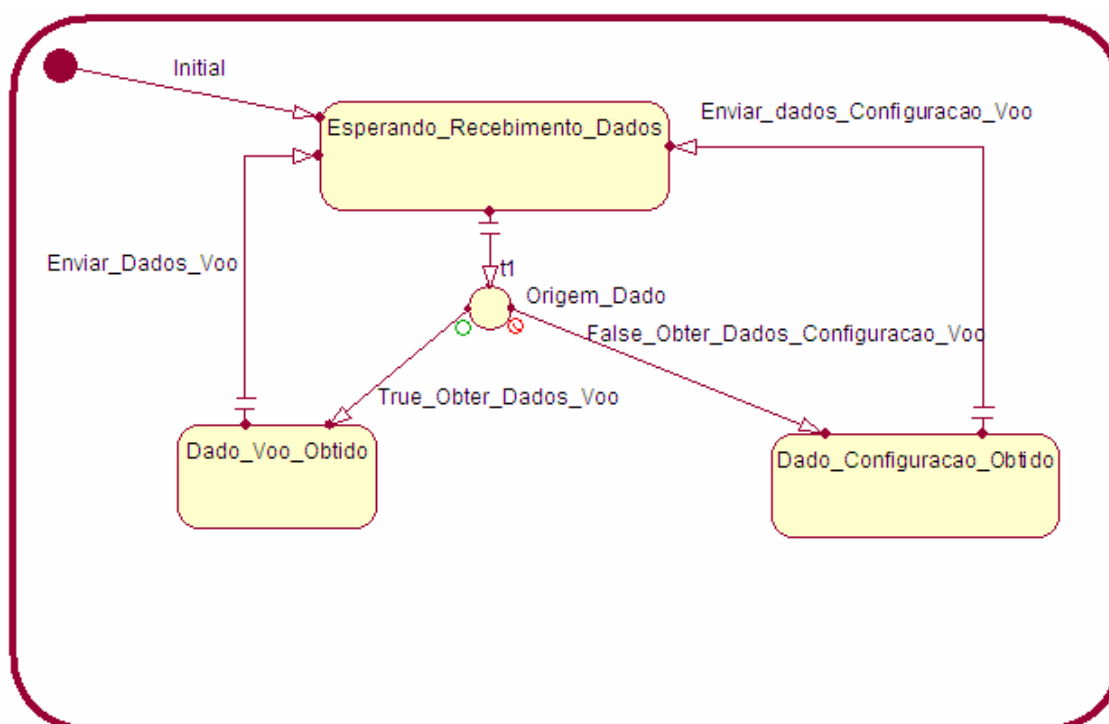


Figura 10 – Diagrama de Estados da unidade VCOM.

2.1.3.2 Diagramas de Estrutura

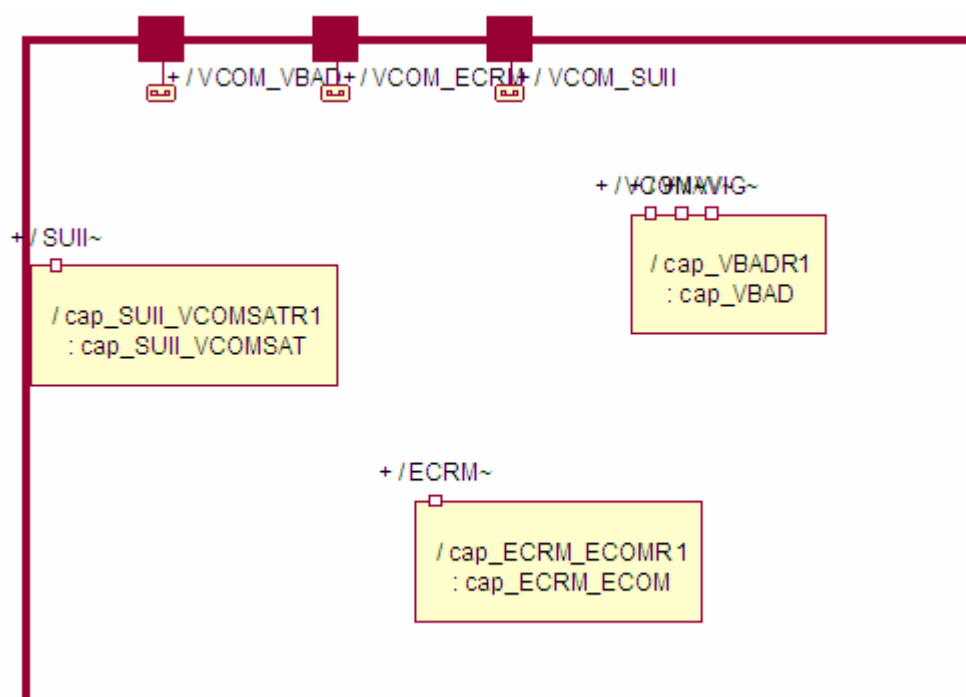


Figura 11 – Diagrama de Estrutura unidade de software VCOM.

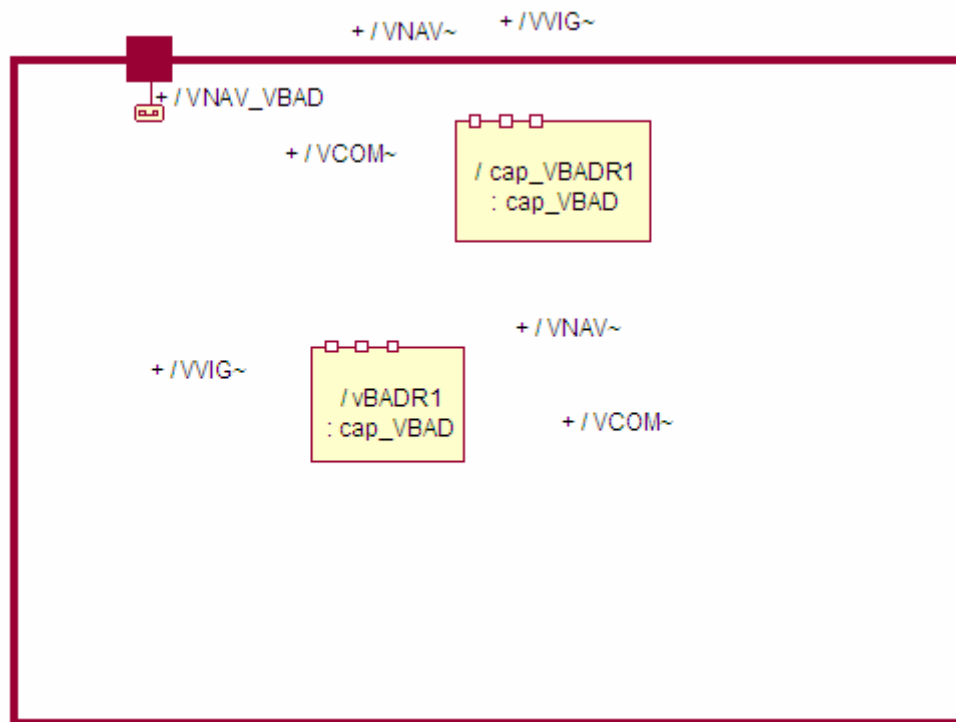


Figura 12 – Diagrama de Estrutura unidade de software VNAV.

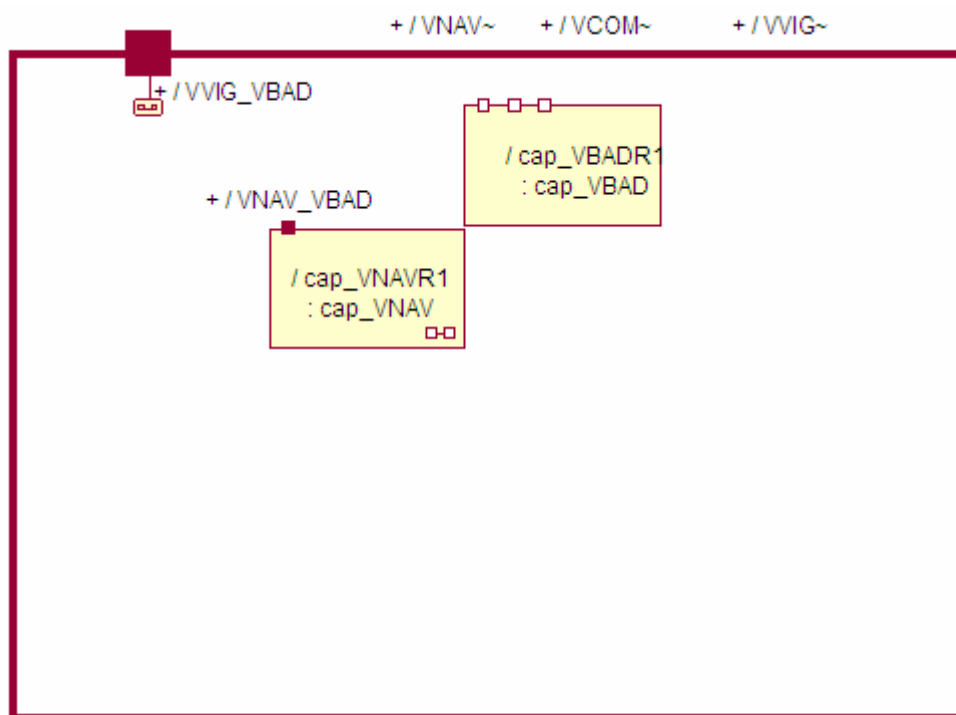


Figura 13 – Diagrama de Estrutura unidade de software VVIG.

2.1.4 Quarta Fase – Transição

A **Linha Base de Produto** foi desenvolvida nesta fase de Transição do *RUP*.

Nesta fase todos os artefatos dos Componentes de software foram integrados, dando origem aos artefatos do ICSC (Item de configuração de Software) - VANT.

Para melhor organização foi criado um pacote VANT, representando o item de configuração e outros três pacotes para compor os outros três componentes de software:

VCNS, VSUP e VCTR.

Foram elaborados os seguintes diagramas:

2.1.4.1 Diagramas de Estrutura

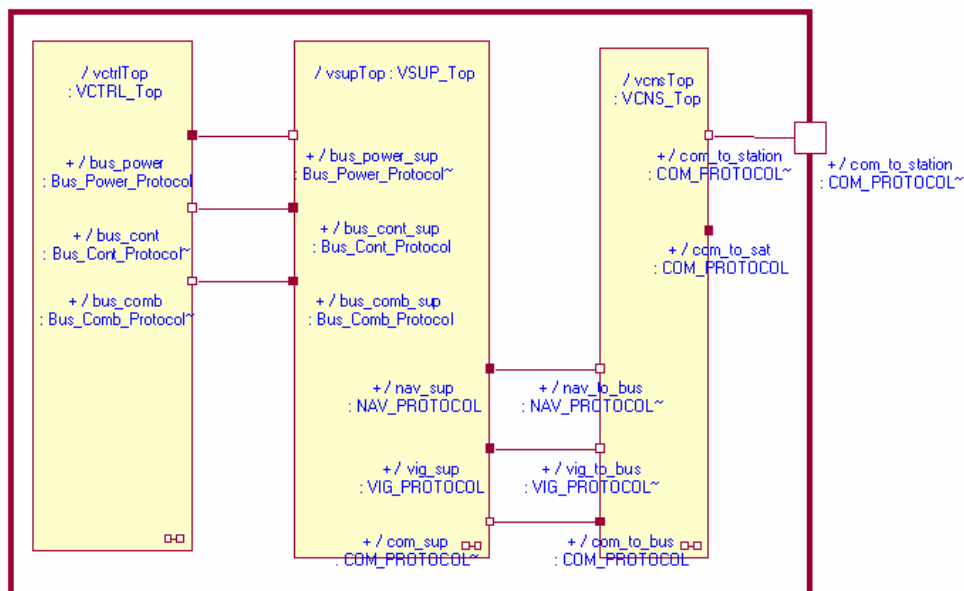


Figura 14 – Diagrama de Estrutura do VANT.

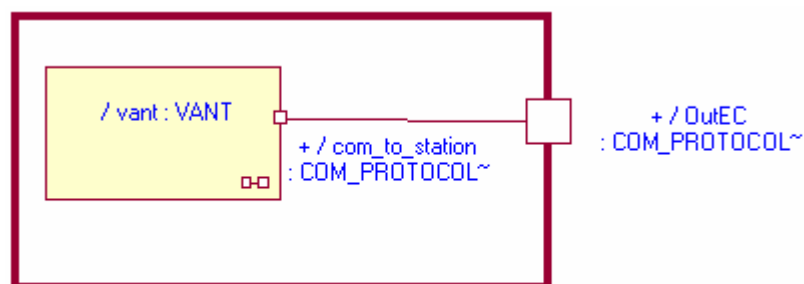


Figura 15 – Diagrama de Estrutura do VANT -> Estação de Controle.

2.2 Análise de Sensitividade

Utilizou-se da ferramenta Rational Test RealTime para a aplicação de métricas estáticas (Static Metrics) para o código fonte (“.h” e “.cpp”) gerado a partir da ferramenta Rational Rose RealTime. No caso desta aplicação, que baseou-se na linguagem C++, a janela de métricas disponível na ferramenta de testes visualiza-se com o nome de “Root Page – Object View”.

As métricas dividem-se em quatro grupos:

- Halstead Metrics;
- Lines & Comments;
- Statments & Levels;
- Cyclomatic Number – V(g).

2.2.1 Métricas em Nível de Arquivo (Line & Comments)

- Comment only lines: Números de Linhas Comentadas;
- Comments: Número de Comentários;
- Empty lines: Números de Linhas em Branco;
- Source only lines: Números de Linhas com Código sem comentário;
- Source and comment lines: Números de Linhas com Código e comentários;
- Lines: Números de Linhas de Código;
- Comment rate: Percentual de Comentários no Total do Código.

2.2.2 Métricas em Classe ou Pacote (Statements & Levels)

- Maximum level: Número máximo de níveis;
- Total level: Total de níveis;
- Maximum statements: Número máximo de statements;
- Total statements: Total de statements em todos os níveis.

2.2.3 Métricas de Complexidade estimada do Código Fonte (V(g))

- Maximum V(g): Maior Complexidade;
- Mean V(g): Média Complexidade;
- Standard deviation from V(g): Desvio Padrão Complexidade;
- Sum of V(g): Complexidade Total.

2.2.4 Métricas de Complexidade Computacional do Código Fonte (Halstead Metrics)

Para um caso prático, realizou-se um estudo apoiado no arquivo fonte “VCNS_TOP.cpp”, pertencente ao componente de software VCNS, após o último nível de integração. A figura a seguir, representa o resultado obtido, com a avaliação de todas as métricas mencionadas no texto acima.

FILE: VCNS_Top.cpp	
Halstead Metrics	
Difficulty	39
Effort	186041
Errors Estimation	1.59
Size	718
Testing Time	2 hrs 52 min 15 sec
Volume	4770.29
Vocabulary	100
Lines & Comments	
Comments only Lines	40
Comments	39
Empty Lines	24
Source only Lines	248
Source & Comments Lines	6
Lines	318
Comment Rate	14.46 %
Statements & Levels	
Maximum of Nested Level	8
Sum of Nested Level	20
Maximum Statements	21
Total Statements	52
V(g)	
Maximum of V(g)	14
Mean of V(g)	5.42
Standard Deviation of V(g)	5.36
Sum of V(g)	38

Figura 16 – Resultados obtidos através das métricas.

Objetivando a verificação da mudança das métricas, assim que o código também sofre alterações, realizou-se uma pequena mudança neste código fonte. Acrescentou-se um novo item no Case.

Resultado obtido:

FILE: VCNS_Top.cpp	
Halstead Metrics	
Difficulty	39
Effort	191742
Errors Estimation	1.63
Size	740
Testing Time	2 hrs 57 min 32 sec
Volume	4916.44
Vocabulary	100
Lines & Comments	
Comments only Lines	42
Comments	43
Empty Lines	24
Source only Lines	252
Source & Comments Lines	8
Lines	326
Comment Rate	15.33 %
Statements & Levels	
Maximum of Nested Level	8
Sum of Nested Level	20
Maximum Statements	21
Total Statements	55
V(g)	
Maximum of V(g)	14
Mean of V(g)	5.71
Standard Deviation of V(g)	5.74
Sum of V(g)	40

Figura 17 – Resultados obtidos através das métricas após alteração no código.

Pode se visualizar uma sensível alteração em algumas métricas. Houve um aumento de praticamente todas as métricas de Halstead e Line & Comments, já Statements & Levels e V(g), permaneceram praticamente inalteradas com exceção do total de Statements e Sumo f V(g).

No grupo da Halstead Metrics, Testing Time, o tempo de teste subiu em praticamente 5 minutos, alterando-se somente duas linhas do código. A dificuldade computacional permaneceu como no estado inicial à mudança.

2.3 Estimativa de Pontos de Caso de Uso

Foi aplicada a métrica de pontos por caso de uso no componente VCNS do VANT. Os resultados foram obtidos através da utilização de um software desenvolvido para este fim, conforme abaixo:

Use Case Point - Pós Graduação - ITA - CE - 230

Quantifique os atores de acordo com sua complexidade:

Quantidade de Atores	Peso	Resultado
3	1	3
2	2	4
0	3	0

Calcular TPNA = 7

Quantifique os Casos de Uso de acordo com sua complexidade:

Método: ☐ Kemer ☒ Adaptado

Quantidade de Casos	Peso	Resultado
9	1	45
1	2	10
0	3	0

Calcular TPNAUC = 55

PTNA

TPNA = 7
TPNAUC = 55
TPNA + TPNAUC = PTNA = 62

Atribuir valores para os fatores de Complexidade Ambiental (FCA)

Descrição	Peso	Valor	EFator
F1 - Familiaridade com o Processo Iterativo Unificado	1.5	5	7.5
F2 - Experiência na Aplicação	0.5	5	2.5
F3 - Experiência em orientação a objetos	1	5	5
F4 - Capacidade de Liderança de Análise	0.5	5	2.5
F5 - Motivação	1	5	5
F6 - Estabilidade de Requisitos	2	5	10
F7 - Consultores Part-Time	-1	0	0
F8 - Dificuldade de Programação na Linguagem	-1	3	-3

Calcular FCA = 0.515

Atribuir valores para os fatores de Complexidade Técnica (FCT)

Descrição	Peso	Valor	TFator
T01 - Distribuição do sistema	2	3	4.5
T02 - Resposta aos objetivos de desempenho	1	5	2.5
T03 - Eficiência do usuário final	1	5	5
T04 - Complexidade do Processo Interno	1	5	2.5
T05 - Código deve ser reutilizado	1	5	5
T06 - Facilidade de instalação	0.5	5	10
T07 - Facilidade de uso	0.5	5	5
T08 - Portabilidade	2	5	7.5
T09 - Facilidade de alterar	1	5	2.5
T10 - Concorrência	1	1	1
T11 - Features de segurança	1	5	2.5
T12 - Acesso direto a dispositivos de parceiros	1	5	5
T13 - Treinamento especial aos usuários	1	3	6

Calcular FCT = 1.09

Engenharia de Software - Métrica

FCA

Total EFator = 29.5
FCA = 0.515

FCT

Total TFator = 49
FCT = 1.09

PTUC

PTUC = 34.8037
Esforço (h) = 696.074

Calcular

Fechar

Sobre...
Desenvolvido por:
Aluno: Marcelo Nogueira
Disciplina CE-230
2o. Semestre - 2005

Figura 18 – Interface do software construído para apoiar a disciplina.

A estimativa inicial de esforço total equivalente á 696 horas para o desenvolvimento do componente VCNS. Considerando que o componente foi desenvolvido por 03 pessoas que em média trabalharam 12 horas semanais no total de 17 semanas, chegamos ao seguinte cálculo:

$$03 \times 12h \times 17 = 612 \text{ horas.}$$

Ainda que o valor real esteja diferente da estimativa inicial, a aproximação ficou evidente, pois o tempo menor de trabalho foi devido à utilização de ferramentas CASE, que propiciaram maior produtividade, mostrando aqui a eficácia da métrica UCP.

2.4 Missão Atribuída: Cenário Fictício de Jogos de Guerra

Foi determinada uma missão fictícia de jogos de guerra, onde a estação de controle mandava um VANT fazer o reconhecimento de uma determinada área (ALT / LAT / LONG), e um segundo VANT fazer um ataque, e um terceiro VANT fazer o reconhecimento do alvo atacado. Esta missão concluiu-se com sucesso, ao final da integração dos componentes de software.

III - CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

3.1 Conclusões

Com a adoção do estudo de caso foi possível organizar todos os processos necessários para que a necessidade de dotar o Veículo Aéreo Não Tripulado para realizar comunicação, navegação e vigilância através de um protótipo de software embarcado e de tempo real, testado e validado, fossem atendidas.

A adoção do RUP como metodologia base para o projeto, propiciou maior envolvimento dos envolvidos no projeto, sendo de fato a maior responsável pela aderência das regras de negócios as ferramentas de software usadas durante o desenvolvimento.

A cada fase, o nível de entendimento dos requisitos foi melhorando e as dificuldades foram diminuindo.

A necessidade da integração, do envolvimento e aperfeiçoamento do trabalho em equipe ainda que se mostrou dificultoso, os resultados advindos desse processo fez com cumpríssemos a missão atribuída.

3.2 Recomendações

A criação do papel do Gerente de projetos se torna necessária para que a visibilidade da integração futura evite re-trabalhos onerosos na relação tempo X resultado.

3.3 Sugestões

Todo o método de ensino deve ser mantido para que resultados como os alcançados ou ainda melhores possam ser atingidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Notas de aula da matéria CE-235 da *homepage* do Prof. Dr. Cunha.

Disponíveis em <http://www.comp.ita.br/~cunha/>

ANEXOS

Todos os artefatos e documentação gerada durante as 17 semanas, parte integrante deste relatório de projeto final, estão disponíveis na página de índices:

<http://www.noginfo.com.br/ita>