

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica

Relatório de Estágio Curricular

Hugo Vieira de Vasconcelos

São José dos Campos
Novembro de 2005

Relatório de Estágio Curricular

Hugo Vieira de Vasconcelos

Orientadores: 1° Ten. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho – ITA
1° Ten. Eng. Arnaldo Satoru Gunzi – DIRENG

Número de Horas: 168

Empresa: Diretoria de Engenharia da Aeronáutica – DIRENG

Endereço: Rua Marechal Câmara, 233 – 4° Andar
Castelo
20020-080 Rio de Janeiro – RJ

Telefone: (21) 2106-9431

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Atividades Realizadas
 - 2.1 Visitas Realizadas
 - 2.2 Determinação do traçado da RESA para alguns aeroportos brasileiros
 - 2.3 Estimativa de Custos para projetos de Pavimentação/Drenagem
 - 2.4 Verificação da macro-textura dos pavimentos do Aeroporto Santos-Dumont.
 - 2.5 Estimativa de Custos para a obra de ampliação da Base Aérea de Manaus
- 3 Conclusão

1 Introdução

O Estágio Curricular Supervisionado foi realizado na DIRENG – Diretoria de Engenharia da Aeronáutica, localizada no Rio de Janeiro – RJ, durante uma semana em dezembro de 2003 e ao longo dos meses de fevereiro, agosto e setembro de 2005.

A DIRENG é o órgão da Força Aérea Brasileira que gerencia o Quadro de Engenheiros da Aeronáutica, não só os Engenheiros de Infra-Estrutura, mas também os das demais especialidades.

Segundo o Organograma da FAB, a DIRENG está subordinada ao COMGAP (Comando-Geral de Apoio), o qual está subordinado diretamente ao Comandante da Aeronáutica. Existem diversas áreas de atuações na DIRENG, como por exemplo, instalações, arquitetura e contra-incêndio, entre outras, mas uma das áreas mais importantes é a de Infra-Estrutura Aeronáutica, mesmo porque existem muitos projetos de infra-estrutura em todo o Brasil que são realizados e até fiscalizados pela DIRENG. Muitos projetos são feitos para a COMARA (Comissão de Aeroportos da Região Amazônica), que os executa.

2 Atividades Realizadas

2.1 Visitas Realizadas

Durante o estágio foram realizadas diversas visitas para que se pudesse conhecer algumas instalações e a rotina de atividades da DIRENG. Entre elas destacam-se:

- Laboratório da DIRENG, localizado na Avenida Brasil, distante da sede administrativa da Diretoria. O Laboratório atua na área de solos e pavimentação e era, na época, chefiado pelo Cap. Lima, que fez mestrado no ITA.

- Biblioteca, localizada na própria sede da Diretoria. A Biblioteca possui, basicamente, livros técnicos nas diferentes áreas de interesse da Diretoria.

- Vila Militar em Jacarepaguá, localizada nas proximidades do autódromo de Jacarepaguá. Esta visita serviu para a escolha de locais onde seriam realizados furos de sondagem para a realização do projeto de uma obra de infra-estrutura.

- Base Aérea de Santa Cruz, para a escolha do local de implantação de um paiol. Neste paiol serão armazenados mísseis e a escolha do local de sua implantação depende do tipo e da

quantidade de mísseis que seriam armazenados no local. Dependendo destes dados, acha-se um raio mínimo de segurança, dentro do qual não pode haver nenhuma outra instalação.

- SERENG, localizado próximo à sede da Diretoria. Esta visita serviu apenas para se ter uma idéia superficial do trabalho que é realizado pelo órgão. Basicamente o SERENG atua na fiscalização de obras aeroportuárias nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo.

2.2 Determinação do traçado da RESA para alguns aeroportos brasileiros

Um primeiro trabalho, feito em dezembro de 2003, foi o traçado da área denominada RESA (Runway End Safety Area) nas plantas de alguns aeroportos brasileiros. Este trabalho visava verificar se esta área era atendida segundo os critérios do anexo 14 da OACI (Organização da Aviação Civil Internacional).

2.3 Estimativa de Custos para projetos de Pavimentação/Drenagem

Outro trabalho realizado foi o de estimativa de custos para projetos de pavimentação e drenagem de logradouros em geral. Construiu-se uma planilha no Excel em que se fazia o dimensionamento, isto é, determinava-se a espessura das camadas de pavimento rodoviário, em função do CBR do solo e do número de passagens de veículos no local. Este dimensionamento seguia os critérios do DNIT. Fez-se uma estimativa de custos que variava de acordo com alguns parâmetros, como a largura da via e a declividade (única ou em chapéu). As vias com declividade única apresentam, de modo geral, um custo menor, pois alguns itens relacionados à drenagem, como bocas-de-lobo e sarjeta, só precisam ser colocados de um dos lados da via. Um exemplo de dimensionamento pode ser visto na *Tabela 1*. Para este dimensionamento, considerou-se que a camada de sub-base tem CBR = 20 e que $N = 10^6$ (número de passagens do eixo padrão rodoviário, segundo o DNIT).

As *Tabelas 2 e 3* indicam os quantitativos empregados em algumas situações distintas de CBR e de largura de pista.

Tabela 1: Espessura das camadas do pavimento (em cm).

CBR sub-leito	Revestimento	Base	Sub-base
	(CBUQ)	(Brita Graduada)	(Solo Compactado)
4	5	14	41
12	5	14	11

Com os valores das espessuras das camadas necessárias, pode-se detalhar o quantitativo do material utilizado para pavimentação e drenagem. Considerando três larguras distintas para a pista (3,5m, 7m e 9m) e duas formas distintas para a seção transversal: seção em forma de chapéu (declividade simétrica em relação ao centro da pista) e seção com declividade única, pode-se construir as *Tabelas 2 e 3*.

Tabela 2: Quantitativo por m e m² para cada largura de pista e CBR do sub-leito (pista em forma de chapéu).

CBR _{sub-leito} =4				CBR _{sub-leito} =12			
Largura da Pista = 3,5m				Largura da Pista = 3,5m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	1,435	0,41	Sub-base	m ³	0,385	0,11
Brita Graduada	m ³	0,49	0,14	Brita Graduada	m ³	0,49	0,14
Imprimação	m ²	3,5	1	Imprimação	m ²	3,5	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,175	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,175	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,571	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,571
Galeria D=50 cm	m	2	0,571	Galeria D=50 cm	m	2	0,571
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,019	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,019
Largura da Pista = 7m				Largura da Pista = 7m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	2,87	0,41	Sub-base	m ³	0,77	0,11
Brita Graduada	m ³	0,98	0,14	Brita Graduada	m ³	0,98	0,14
Imprimação	m ²	7	1	Imprimação	m ²	7	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,35	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,35	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,286	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,286
Galeria D=50 cm	m	2	0,286	Galeria D=50 cm	m	2	0,286
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,01	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,01
Largura da Pista = 9m				Largura da Pista = 9m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	3,69	0,41	Sub-base	m ³	0,99	0,11
Brita Graduada	m ³	1,26	0,14	Brita Graduada	m ³	1,26	0,14
Imprimação	m ²	9	1	Imprimação	m ²	9	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,45	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,45	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,222	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,222
Galeria D=50 cm	m	2	0,222	Galeria D=50 cm	m	2	0,222
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,007	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,067	0,007

Tabela 3: Quantitativo por m e m² para cada largura de pista e CBR do sub-leito (pista com declividade transversal única).

CBR _{sub-leito} =4				CBR _{sub-leito} =12			
Largura da Pista = 3,5m				Largura da Pista = 3,5m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	1,435	0,41	Sub-base	m ³	0,385	0,11
Brita Graduada	m ³	0,49	0,14	Brita Graduada	m ³	0,49	0,14
Imprimação	m ²	3,5	1	Imprimação	m ²	3,5	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,175	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,175	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,571	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,571
Galeria D=50 cm	m	1	0,286	Galeria D=50 cm	m	1	0,286
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,01	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,01
Largura da Pista = 7m				Largura da Pista = 7m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	2,87	0,41	Sub-base	m ³	0,77	0,11
Brita Graduada	m ³	0,98	0,14	Brita Graduada	m ³	0,98	0,14
Imprimação	m ²	7	1	Imprimação	m ²	7	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,35	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,35	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,286	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,286
Galeria D=50 cm	m	1	0,143	Galeria D=50 cm	m	1	0,143
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,005	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,005
Largura da Pista = 9m				Largura da Pista = 9m			
	Unidade	Quant./m	Quant./m ²		Unidade	Quant./m	Quant./m ²
Sub-base	m ³	3,69	0,41	Sub-base	m ³	0,99	0,11
Brita Graduada	m ³	1,26	0,14	Brita Graduada	m ³	1,26	0,14
Imprimação	m ²	9	1	Imprimação	m ²	9	1
Concreto Betuminoso	m ³	0,45	0,05	Concreto Betuminoso	m ³	0,45	0,05
Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,222	Meio-fio e sarjeta conjugada 15MPa	m	2	0,222
Galeria D=50 cm	m	1	0,111	Galeria D=50 cm	m	1	0,111
Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,004	Caixa Ralo Alvenaria	Unidade	0,033	0,004

Pode-se fazer uma análise dos custos, porém considerando apenas o custo dos materiais (de pavimentação e drenagem), isto é, sem incorporar custos relativos ao transporte de materiais, à mão de obra, à terraplenagem, à sinalização, entre outros fatores. Para fazer esta análise, considerou-se os preços unitários dos materiais apresentados no site do DER (Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo): http://www.der.sp.gov.br/informativos/tabela_precos.asp. A *Tabela 4* indica os custos unitários de acordo com o DER, e os custos finais encontram-se na *Tabela 5*.

Tabela 4: Custo unitário dos materiais utilizados de acordo com o DER (publicado em 31 de dezembro de 2004).

	Descrição	Unidade	Preço Unitário (R\$)
Custo relativo aos materiais de pavimentação	Melh/Preparo Sub-Leito - 100% PN	m ²	0,75
	Imprimadura Betuminosa Ligante	m ²	1,04
	Conc. Asf. Us. Quente Binder Grad. A	m ³	294,03
	Base Brita Grad. Simples	m ³	67,86
	Sub-Base Solo Cim 3% - Usina	m ³	45,45
Custo relativo aos materiais de drenagem	Tubo de Concreto D=0,50m Classe	m	84,93
	Concreto f _{ck} 18MPa	m ³	331,41
	Alvenaria de Bloco de Concreto	m ³	238,92

Tabela 5: Custo por m e m² do pavimento.

CBR _{sub-leito}	Largura (m)	Seção transversal na forma de chapéu		Seção transversal com declividade única	
		Custo (R\$/m)	Custo (R\$/m ²)	Custo (R\$/m)	Custo (R\$/m ²)
4	3,5	401,78	114,79	303,88	86,82
4	7	557,9	79,7	460,07	65,72
4	9	647,15	71,91	549,37	61,04
12	3,5	353,99	101,14	256,16	73,19
12	7	462,45	66,06	364,63	52,09
12	9	524,44	58,27	426,61	47,4

Fez-se também uma análise de custos pela EMOP-RJ (Empresa Municipal de Obras Públicas do Rio de Janeiro). Estes preços ficaram próximos aos apresentados pelo DER, embora inferiores.

A *Figura 1* mostra os esquemas das vias com declividade única ou em chapéu, além de indicar itens relativos à drenagem.

2.4 Verificação da macro-textura dos pavimentos do Aeroporto Santos-Dumont.

Um outro trabalho realizado foi a verificação da macro-textura do Aeroporto Santos-Dumont, no Rio de Janeiro. Este aeroporto possui uma verificação muito criteriosa do coeficiente de atrito na sua pista devido a sua dimensão reduzida e à proximidade com o mar (Baía de Guanabara). O aeroporto se utiliza, então, da camada porosa de atrito (CPA), que além de propiciar um atrito maior entre os pneus do trem-de-pouso e a pista, torna a drenagem mais eficiente. Assim, um dos testes que é realizado periodicamente no aeroporto é o de macro-textura. Neste teste, utiliza-se de um determinado volume padrão de areia (normalmente utiliza-se o cilindro 06, com diâmetro de 19,0 mm, altura de 85,8 mm e volume de 24,327 cm³) e espalha-o em algum ponto da pista. É mais comum se realizar este teste cerca de 3 m distante transversalmente do eixo da pista, pois é um local mais crítico devido ao grande número de passagens do trem de pouso principal. Mede-se, então, o diâmetro da mancha de areia produzida. Quanto menor o diâmetro da mancha, significa que os grãos de areia tiveram maior penetração no pavimento, isto é, mais aberta é a sua textura e maior o atrito. A areia utilizada também é padronizada (natural, seca, com grãos arredondados e que passa na peneira nº 50 e fica retida na peneira nº 100). Normalmente faz-se três medições em cada local e utiliza-se a média como valor obtido da macrotextura.

O resultado (*Figura 2*) identificou que o aeroporto Santos-Dumont possui uma macro-textura entre média (entre 0,4 e 0,8 mm), aberta (entre 0,8 e 1,2 mm) ou muito-aberta (maior que 1,2 mm). Como esperado, a macro-textura é menor na região de toque das aeronaves com a pista (entre 100 e 300 m a partir do início da cabeceira preferencial). Apesar do resultado não ter sido crítico, o aeroporto deve continuar a fazer esta análise para que, quando a situação se agravar e a macro-textura diminuir, possa realizar a limpeza do pavimento e retirada da borracha do pavimento, principal responsável pela diminuição do atrito da pista.

Além deste teste, a DIRENG realiza ensaios com um equipamento chamado *Mu-meter*, para medir o coeficiente de atrito da pista. Porém este equipamento se encontrava em manutenção durante a realização do estágio.

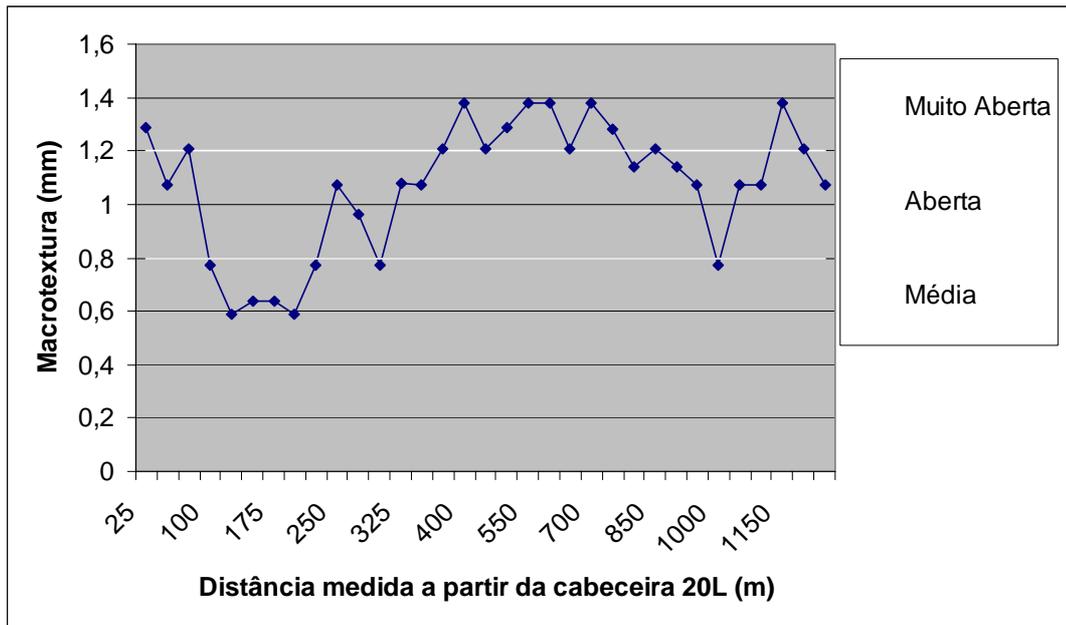


Figura 2: Macro-textura ao longo do eixo da pista de pouso do Aeroporto Santos-Dumont.

2.5 Estimativa de Custos para a obra de ampliação da Base Aérea de Manaus

Realizou-se também algumas estimativas de custos para a obra de ampliação da Base Aérea de Manaus, conforme mostram as *Tabelas 6 a 9*. As *Tabelas 6 e 7* referem-se à estimativa de custo de escavação, carga, espalhamento e transporte de solo. Já as *Tabelas 8 e 9* referem-se à execução de pavimentos em concreto, incluindo fôrmas e juntas de dilatação. Estes custos dependem da produtividade da equipe e utilizou-se um LDI (lucros e despesas indiretas) de 20%. Estas análises podem ser utilizadas como base no processo de licitação das obras.

Tabela 6: Detalhamento dos custos de transporte, escavação, carga e espalhamento.

Custo Unitário de Referência	Mês: Maio/2005		Amazonas				
Transporte comercial c/ basc. 10 m³ rod. pav.	Produção da equipe (t.km):		250,00				
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo		
E404-Caminhão Basculante - 10m ³ - 15t (170 kW)	1,00	1,00	0,00	88,57	9,87	88,58	
				Custo Horário de Equipamentos		88,58	
				Adc.M.O. - Ferramentas: (0,00%)		0,00	
				Custo Horário de Execução		88,58	
				Custo Unitário de Execução		0,35	
				Custo Unitário Direto Total		0,35	
				Lucros e Despesas Indiretas (20,0%)		0,07	
				Preço Unitário Total (R\$/t km)		0,43	
Esc. Carga mat. 1^a c	Produção da equipe (m³):		250,00				
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário	
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo		
E003 - Trator de Esteiras com lâmina (228 kW)	1,00	0,92	0,08	290,34	10,80	267,98	
E006 - Motoniveladora - (104 kW)	1,00	0,78	0,22	101,03	11,41	81,31	
E010 - Carregadeira de Pneus 3,1 m ³ (135 kW)	1,00	1,00	0,00	136,45	10,80	136,45	
				Custo Horário de Equipamentos		485,74	
B - Mão-de-Obra	Quantidade			Salário-Hora		Custo Horário	
T501 - Encarregado de turma	1,00			11,41		11,41	
T701 - Servente	3,00			5,86		17,58	
				Custo Horário de Mão-de-Obra		28,99	
				Adc.M.O. - Ferramentas: (0,00%)		0,00	
				Custo Horário de Execução		514,73	
				Custo Unitário de Execução		2,06	
				Custo Unitário Direto Total		2,06	
				Lucros e Despesas Indiretas (20%)		0,41	
				Preço Unitário Total (R\$/m³)		2,47	

Tabela 7: Resumo dos custos de transporte, escavação, carga e espalhamento.

	Preço Unitário Total	Unidade	Quantidade	Preço Unitário Total	Unidade
Escavação, Carga e Espalhamento	2,47	R\$/m ³	1	2,47	R\$/m ³
Royalties do Material	12	R\$/m ³	1	12,00	R\$/m ³
Transporte	0,78	R\$/m ³ .km	25	19,56	R\$/m ³
Total				34,03	R\$/m³

Tabela 8: Detalhamento do custo unitário de pavimento de concreto.

Custo Unitário de Referência	Mês : Maio de 2005		Amazonas			
Concr.estr.fck=35Mpa-c.raz c/adit.conf.lanc.AC/BC	Produção da Equipe (m3):		2			
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E303 - Betoneira - 750 l (9 kW)	1,00	1,00	0,00	11,10	8,33	11,10
E304 - Transportador Manual - carrinho de mão 80 l	8,00	0,70	0,30	0,10	0,00	0,56
E305 - Transportador Manual - gerica 180 l	7,00	1,00	0,00	0,20	0,00	1,40
E306 - Vibrador de Concreto - de imersão (2 kW)	4,00	1,00	0,00	7,68	7,40	30,72
E402 - Caminhão Carroceria - de madeira 15 t (170 kW)	0,23	1,00	0,00	84,82	9,87	19,51
E404 - Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (170 kW)	0,05	1,00	0,00	88,57	9,87	4,43
E509 - Grupo Gerador - 16,8 / 18,5 KVA (15 kW)	0,25	1,00	0,00	17,89	8,33	4,47
				Custo Horário de Equipamentos		72,19
B - Mão-de-Obra	Quantidade	Salário-Hora				Custo Horário
T501 - Encarregado de turma	1,00	11,41				11,41
T604 - Pedreiro	2,00	8,02				16,04
T701 - Servente	26,00	5,86				152,36
				Custo Horário da Mão-de-Obra		179,81
				Adc.M.O. - Ferramentas: (5,00 %)		8,99
				Custo Horário de Execução		260,99
				Custo Unitário de Execução		130,50
C - Material		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	
M202 - Cimento portland CP-32		500,00	kg	0,38	190,00	
M604 - Aditivo plastiment BV-40		1,09	kg	3,82	4,14	
				Custo Total do Material		194,14
D - Atividades Auxiliares		Quantidade	Unidade	Preço Unitário	Custo Unitário	
1 A 00 716 00 - Areia comercial		0,52	m ³	20,00	10,40	
1 A 00 717 00 - Brita Comercial		0,75	m ³	88,33	66,42	
				Custo Total das Atividades		76,82
				Custo Unitário Direto Total		401,46
				Lucro e Despesas Indiretas (20%)		80,29
				Preço Unitário Total		481,76

Tabela 9: *Resumo do custo de pavimento de concreto.*

Atividade / Serviço	Custo Unitário		Preço Unitário Total		Quantidade	Preço Unitário Total	Unidade
	Unidade	Direto	LDI	Total			
Forma comum de madeira	m ²	32,16	7,68	39,85	1,10	43,84	R\$/m ³
Limpeza e enchimento de junta de pavimento de conc	m ²	4,82	1,15	5,97	0,82	4,90	R\$/m ³
Concreto	m ³	401,46	80,29	481,76	1,00	481,76	R\$/m ³
Total						530,49	R\$/m ³

3 Conclusão

A realização do Estágio Curricular Supervisionado foi de grande importância para a minha formação técnica. Uma das grandes dificuldades que os alunos do ITA têm após se formar é a falta de experiência na parte prática da engenharia, e este estágio é, sem dúvida, uma boa maneira de se tentar preencher esta lacuna.

Além disso, pude perceber como é o ambiente de trabalho na DIRENG, principal autora dos projetos de Infra-Estrutura para a Aeronáutica.