



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

INTERNSHIP REPORT



Civil and Environmental Engineering

Parsons Lab

 617-253-6569

 617-258-8850

 jmlong@MIT.EDU

 48

 cee.mit.edu/research/parsons-laboratory

Street Address

15 Vassar St, 48
Cambridge, MA 02139

Mailing Address

77 Massachusetts Ave, 48
Cambridge, MA 02139

Cambridge, MA, October 17th 2016

Diogo Godoi de Carvalho Ramos

GENERAL INFORMATION

Intern

Diogo Godoi de Carvalho Ramos
Civil-Aeronautical Engineering

Company / Department

Parsons Laboratory for Environmental Science and Engineering in the Department of Civil and Environmental Engineering - Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Advisor / Supervisor at MIT

Prof. Heidi Nepf

Advisor / Supervisor at ITA

Prof. Wilson Cabral de Sousa Júnior

Period

From February 1st to May 20th 2016
Total hours: 160 hours

SUMMARY

I. INTRODUCTION

II. COMPANY

II.1. Historic

II.2. Area where the internship program was developed

III. ACTIVITIES DEVELOPED

III.1. Internship summary

III.2. Methodology

III.2.1. Similarity

III.2.2. Experiment Set Up

III.3. Post-processing

III.3.1. Velocity

III.3.2. Force

III.3.3. Drag Coefficient

III.4. Results

III.4.1. Velocity profiles and TKE

III.4.2. Drag force coefficient

IV. COMENTARIES AND CONCLUSION

V. APPENDIX

VI. REFERENCES

I. INTRODUCTION

Shoreline protection inspired by nature, rather than concrete armor, are being used as an effective alternative for protecting the coastlines from battering storms. During a long time, the traditional approach on shoreline defense has relied on massive earthen dikes, rock barriers and concrete walls, making people feel safer behind that “gray” infrastructure and creating a reluctance to new approaches. However, devastation caused by hurricanes has prompted regulators and researchers to rethink how gray and green approaches might be combined to create a more effective coastal defense.

Armoring can have undesirable consequences from an ecological standpoint. Instead of dissipate the wave energy, rigid barriers will tend to reflect the waves which may scour the sea floor through its fast-moving waters, destroying the underwater environment that nurture fishes, crabs and other sea life. Besides that, hard structures cannot keep the pace with local sea level, which will prevent local grasses build up soil that keeps it above the low tide. Consequently, marshes and beaches may become squeezed between the higher water and the unmoving concrete.

Maryland is a real example in green coastal infrastructure. An agency responsible for providing coastal protection assistance to landowners in that place, after a storm passed, received no complaints from who had installed living shorelines with the agency’s help, while those properties using bulkheads for protection had not dampened the storm waves.

Therefore, in order to promote the application of living shorelines, it has been necessary to investigate the green designs more scientifically. Nowadays, it is still unknown how supposedly green designs could harm marine ecosystems by introducing exotic species or foreign materials.

Furthermore, lack of scientific monitoring and physical modeling studies make it hard to figure out what works and what does not or how to calculate life span and financial return (including cobenefits such as carbon storage or improved fish habitat). In that scenario, mangrove forests seems to be a possible starting point for coastal protection. The Figure 1 below shows a mangrove forest formed by aerial roots, trunks and branches. Among the mangrove species, *Rhizophora* is the one selected for this study. *Rhizophora* plants occupy approximately 90% of the world mangrove distribution [3]. Furthermore, the vast majority of mangroves used for restorations are *Rhizophora* plants. They induce large friction on waves [4], due to their complex structure that contribute to higher drag coefficients.



Figure 1 - Rhizophora mangle [2]

II. COMPANY

II.1. Historic [1]

The Parsons Laboratory for Environmental Science and Engineering in the Department of Civil and Environmental Engineering has a long history of highly respected water and environmental research. From its inception as a hydrodynamics laboratory in the 1950s, the lab has evolved into a multidisciplinary research center focused primarily on natural waters and the environment.

The well-being, prosperity and sustainability of the human enterprise relies on the functioning of Earth's natural systems and their complex physical, chemical and biological processes. Water is a central theme in terrestrial, oceanic, atmospheric, agricultural and industrial systems alike.

II.2. Area where the internship program was developed [1]

The Environmental Fluid Mechanics and Coastal Engineering research group studies those physical processes associated with water and water motion that are essential to the understanding, protection and improvement of the environment. The research involves theoretical, numerical, experimental and field studies, which range in scale from the swimming of microorganisms to the transport of carbon dioxide through the global ocean basin. While rooted in the fundamental analyses of fluid physics, the projects are guided by practical problems in environmental science, such as the protection of coastal water quality, the prediction and mitigation of coastal erosion, and the restoration of channels and coastal zones.

Several projects address the related problems of global warming and energy generation. Physical and numerical modeling of multiphase plumes are coupled with models of global circulation to understand and optimize methods for sequestering the carbon dioxide that results from energy generation. Numerical and analytical studies are used to optimize the design of new methods for wave energy extraction.

Wave motion, wave-body interactions and turbulent wave-current interactions in bottom boundary layers, along with associated sediment transport, are central themes of some researches. Projects range from the fundamental treatment of nonlinear wave dynamics to the more practical application of wave-body interaction in the design of storm gates for the protection of the Venice Lagoon.

Wave motion is also important to the resuspension and movement of sediment. The presence of seagrass, kelp and marsh vegetation can damp the propagation of waves and storm surge, providing coastal protection and improving water clarity by reducing resuspension. Other field and laboratory projects describe the role of aquatic vegetation on flow and transport in lakes and rivers.

Finally, at the microscale, physical and numerical modeling is used to tease apart the roles of physical transport and biologic response in controlling the ecology of microorganisms. Biophysical interactions at these scales often control important environmental issues, such as harmful algal blooms or ocean fertilization attempts, and can play a significant role in the global cycles of the elements.

III. ACTIVITIES DEVELOPED

III.1. Internship summary

This report will summarize the experiment realized with the mangrove models in a flume, the data acquisition process of velocity and force, the post-processing methods and the results related on drag force.

III.2. Methodology

III.2.1. Similarity [5]

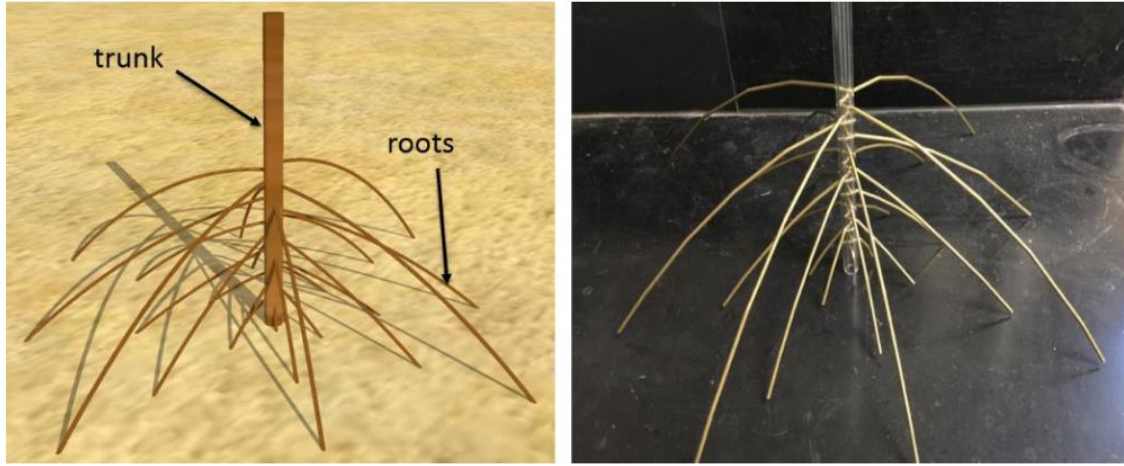


Figure 2 - Model idealization (left-hand side) and model executed (right-hand -side)

Knowing that the model and the full-scale structures must have the same shape, so all linear dimensions must have the same scale ratio. In terms of geometrical similarity, a scale ratio of 12 was chosen as a ratio between the full-scale length L_F and the model length scale L_M . Therefore, knowing that mangrove roots diameter varies between 3.3 cm and 4.2 cm and assuming the mean root diameter of 3.77 cm, the model root will have a diameter $D_{root} = 0.003175$ m. Following the same rule, a real trunk diameter of 0.2 m will have a model diameter $D_{trunk} = 0.0167$ m. The first root height of 2.012 m will have 0.1677 m from the bottom in a model (see the model in Figure 2).

In terms of dynamic similarity, equality in Froude number F_n between the model and the full scale will ensure that gravity forces are corrected scaled. Because surface waves are gravity driven, equality in F_n will ensure that wave resistance and other wave forces are correctly scaled. Therefore, the ratio between inertia and gravity should be the same both in the full scale and in the model according to equation 1.

$$F_n = \frac{U_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{U_F}{\sqrt{gL_F}} \quad (1)$$

U_M and U_F are the characteristic velocities in m/s for the model and the full scale, respectively, and g is the acceleration of gravity in m/s^2 .

Besides that, it is known that a Reynolds number between 100 and 105 will ensure that the turbulent wakes around the trunk and the roots are similar as in the field. Therefore, the following conditions has to be met.

$$100 < \frac{U_M D_{trunk}}{\nu} < 10^5$$

$$100 < \frac{U_M D_{root}}{\nu} < 10^5$$

ν is the kinematic viscosity in m^2/s .

Considering that $U_F \sim 0.5 \text{ m/s}$ and the scale ratio $\frac{L_F}{L_M} = 12$, according to the equation 1, one may conclude that $U_M \sim 0.144 \text{ m/s}$ in order to guarantee the similarity. It means that the flume conditions has to ensure a characteristic velocity around 0.144 m/s to represent characteristic velocities around 0.5 m/s in the field (or full scale). Finally, assuming a kinematic viscosity $\nu = 1.10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ and $U_M = 0.144 \text{ m/s}$, the Reynolds number for the trunk will be 2405 and for the roots will be 457, which guarantee the conditions above.

III.2.2. Experiment Set Up

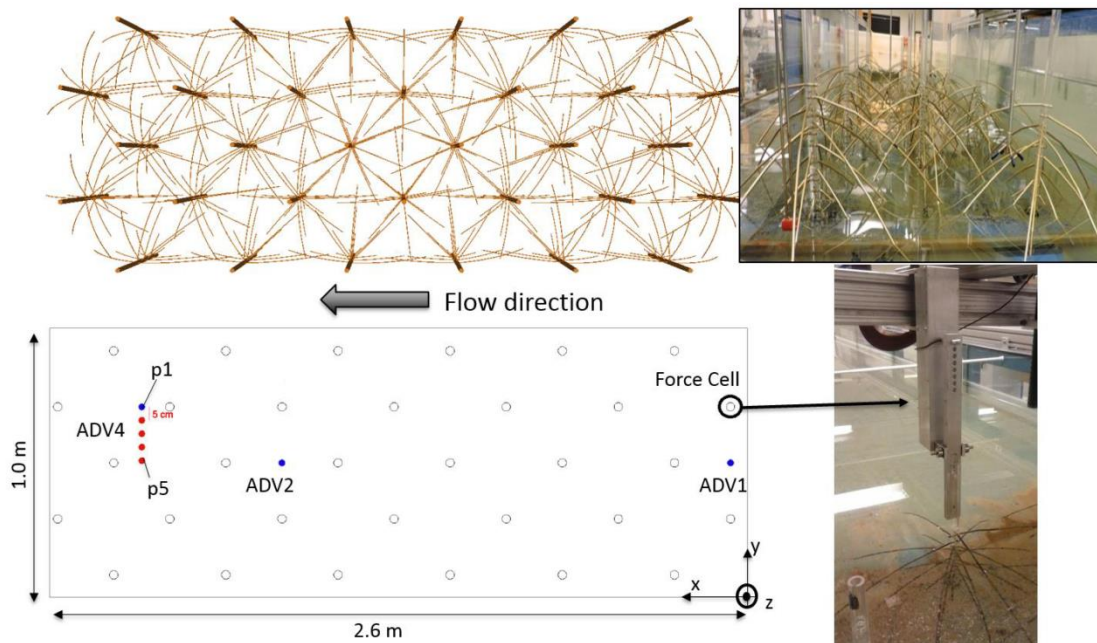


Figure 3 - Mangrove's forest model inside a flume and devices position

Utilizing a wire-bending machine, 675 brass rods were bended following a parabolic shape in order to mimic the mangrove roots showed in Figure 2. In addition, 32 acrylic tubes were drilled in order to mimic the mangrove trunk. Both the parabolic shape and roots pattern on the trunk were performed as described by [4]. Afterwards, all the 32 mangroves (20 whole trees, 12 half) were accommodated inside the flume following the configuration showed in Figure 3.

For monitoring the experiment, three Acoustic Doppler Velocimetry (ADV) were used for tracking velocities at different vertical positions using a 1 cm step. The ADVs were located on the positions showed in Figure 3 (only ADV4 was able to take measurements on each of the five lateral positions p1 through p5, while ADV1 and ADV2 were fixed on its respective positions). Besides that, a force cell were attached on the first tree model through a pivot device in order to acquire force measurements.

After setting up all the monitoring devices and all the mangrove's trees inside the flume, a pre-analysis process was performed. Due to experimental conditions, a time of 5 min was chosen as the recording length in which the experiment may be considered in steady state. Besides that, the ADV2's position is where the flow can be identified as fully developed.

Finally, ranges of longitudinal velocity were identified using three different gates (small, medium and big) for changing the water level from 9 cm to 25 cm; and a power pump varying from 10 Hz to 33 Hz for changing the mean velocity from 6 cm/s to 20 cm/s. The average cross-sectional velocity was measured using the discharge values divided by the flume cross-sectional area.

III.3. Post-processing

III.3.1. Velocity

After measuring the velocity u , v , w on the x , y , z direction in a single control volume (with a sampling rate of 25 Hz), the data recorded was post-processed through a “despinking” analysis in which only the raw data that relied between $u \pm 3 \sigma_u$ were used for calculations. That specific range was chosen in order to avoid taking out the turbulent part of the raw data while performing the despinking process.

Comparisons between the velocity profiles using the ADV1, ADV2 and ADV4 were performed for the big gate and medium gate at 33 Hz, the comparisons were performed in terms of longitudinal velocity over depth and turbulent kinetic energy per mass according to the following equation 2.

$$TKE = 0.5 \left(\sum \frac{(u - \bar{u})^2}{N_u} + \sum \frac{(v - \bar{v})^2}{N_v} + \sum \frac{(w - \bar{w})^2}{N_w} \right) \quad (2)$$

where $\bar{u}$, $\bar{v}$ and $\bar{w}$, are the mean velocities (in m/s) in the longitudinal, lateral, and vertical directions, respectively; and N_u , N_v and N_w are the number of points recorded in each direction.

III.3.2. Force

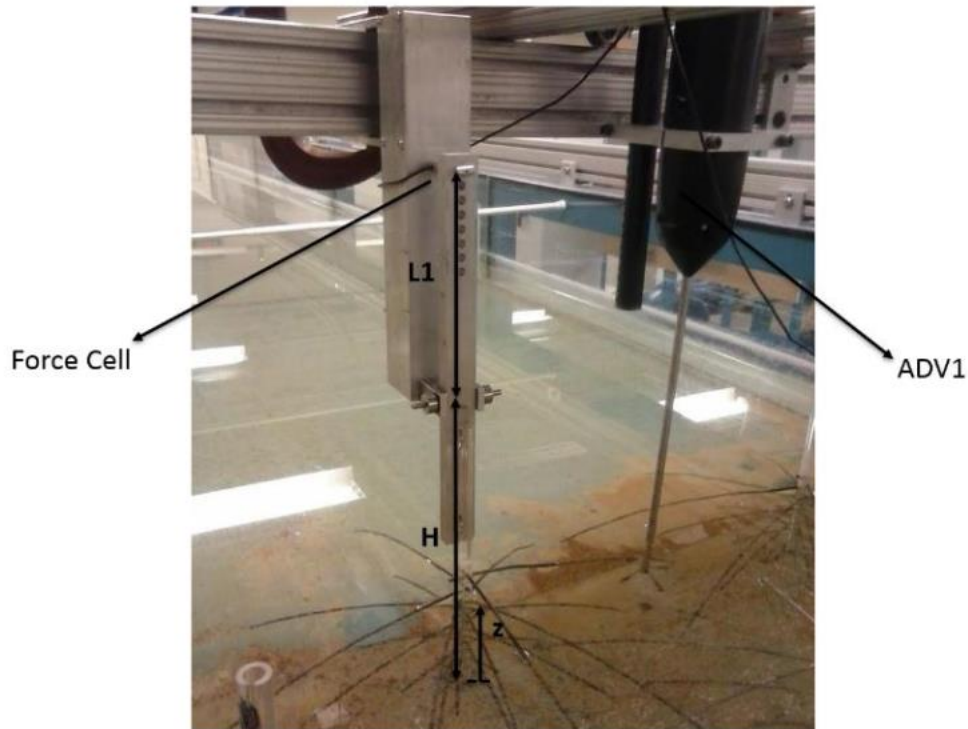


Figure 4 - Pivot device and force cell attached on the first mangrove

After measuring the force exerted on the mangrove tree model using the force cell, the mean value of the raw data was used as the mean force. However, because the pivot bar and the distributed force exerted on the mangrove tree configurations, an equivalent drag force was calculated based on the following equation 3.

$$F_D = \frac{F_c L_1}{L_{eff}} \quad (3)$$

where F_c is the force measured on the force cell (in N) based on the difference between the average measurement in a specific condition (power pump and gate) and the average measurement in zero velocity condition. $L_1 = 16.95$ cm is the distance between the force cell and pivot and L_{eff} is the distance (in cm) from the pivot point to the centroid of the distributed force exerted on the mangrove.

The effective distance L_{eff} is calculated following the equation 4.

$$L_{eff} = H - \frac{\int F_D(z)zdz}{\int F_D(z)dz} \quad (4)$$

where, $F_D(z)$ is the drag force at a specific vertical position z (the bottom is the origin) and H is the distance from the pivot to the bottom (see Figure 4).

Assuming that the drag coefficient C_D constant, it implies that $F_D(z) \sim A(z)u(z)^2$, where $A(z)$ is the frontal area at z and $u(z)$ is the longitudinal velocity at z . Dividing the frontal area of the mangrove in small elemental areas in order to discretize the integration above, the L_{eff} will be calculated as showed in equation 5.

$$L_{eff} = H - \frac{\sum_j A(j)z(j)u(j)^2}{\sum_j A(j)u(j)^2} \quad (5)$$

where $A(j)$ is the elemental area j , $z(j)$ is the vertical position of element j and $u(j)^2$ is the square longitudinal velocity at $z(j)$.

On that way, L_{eff} was calculated assuming (j) constant over depth and assuming an incremental frontal area of 1cm step as shown on the Figure 5. For performing the frontal area estimation, a parabolic equation was considered for each root according to the procedure given by [4].

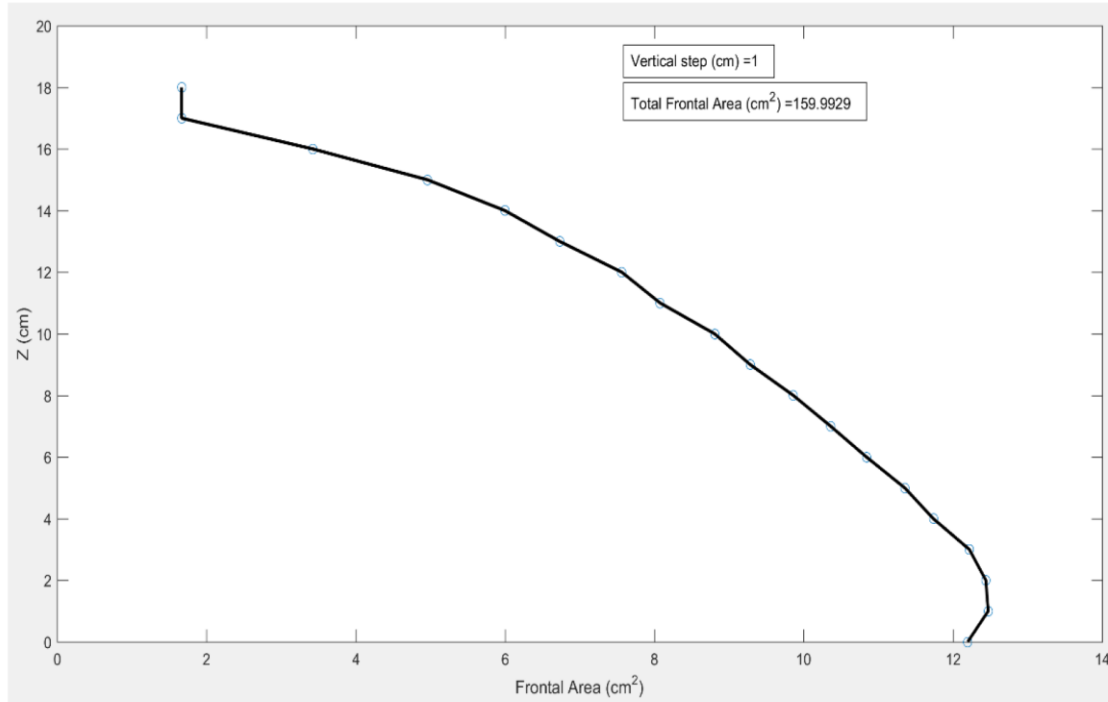


Figure 5 - Incremental frontal area for a mangrove tree using layers of 1cm

III.3.3. Drag Coefficient

The drag force coefficient CD was calculated according to the following equation 6.

$$F_D = (0.5\rho C_D A)U^2 = aU^b \quad (6)$$

where a and b are the power law coefficient and exponent, respectively; ρ is the density of fresh water in kg/m^3 , A is the total frontal area (in cm^2) of the mangrove's submerged part (calculated by summing the incremental area values shown in Figure 5), F_D is the drag force calculated as explained on topic III.3.2 of this report and U is mean velocity (in m/s) calculated dividing the discharge values by cross-sectional area.

Also, C_D was calculated in two ways:

- Directly using the values F_D , ρ , A and U for calculating $C_{D1} = 2F_D/\rho AU^2$;
- Fitting a power law between F_D vs. U , then calculate $C_{D2} = 2a/\rho A$;

Finally, C_D versus Reynolds number was plotted in which the $Re = \frac{U\sqrt{A}}{\nu}$, where U is the mean velocity, A is the frontal area and ν is the kinematic viscosity (one may see the values on topic V of this report).

III.4. Results

III.4.1. Velocity profiles and TKE

As shown in Figure 6 and Figure 7 the velocity profile shows lower velocities magnitudes as the flow passes through the mangrove forest, i.e. when the flow passes from the ADV1 position to ADV2. Moreover, the turbulent kinetic energy increases as the flow passes through the mangrove forest as shown in the same figures, also the TKE increases sharply where the shear in velocity is higher.

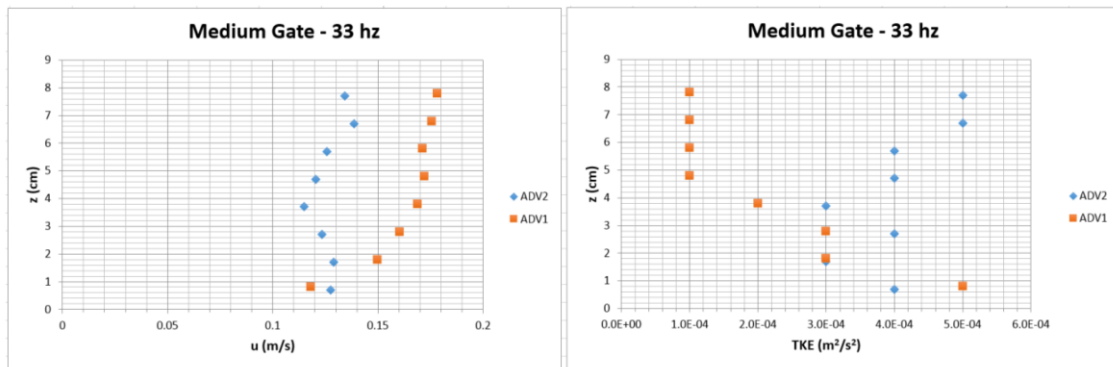


Figure 6 - Longitudinal velocity over depth (left-hand side) and TKE over depth (right-hand side), using medium gate and 33 Hz.

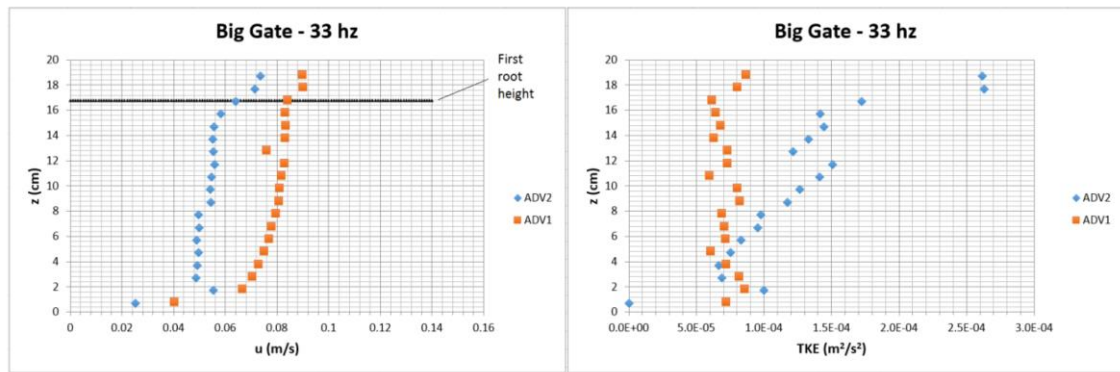


Figure 7 - Longitudinal velocity over depth (left-hand side) and TKE over depth (right-hand side), using big gate and 33 Hz

Finally, Figure 8 shows how the velocity profiles changes laterally. The profile presents maximum velocities on point p3 located in the middle of the row and minimum velocities on points aligned with mangrove trees as shown in the Figure 3. Similarly, there's a perceptive variation close to the first root height which separates the region above the mangrove roots and the region within the mangrove roots.

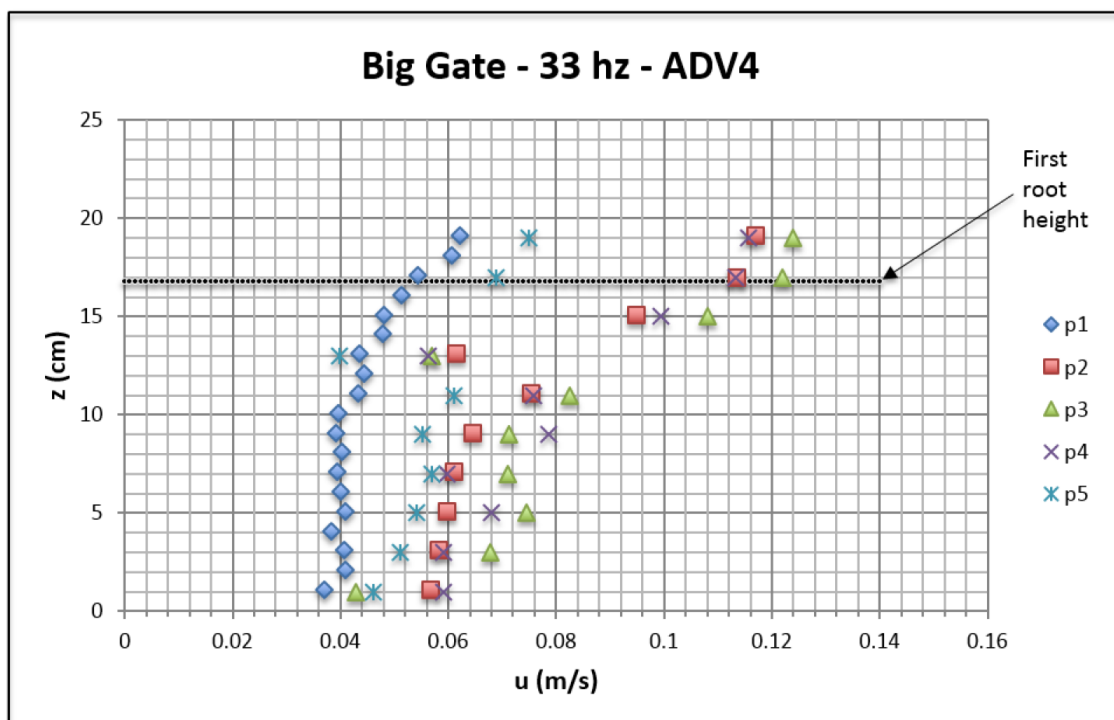


Figure 8 - Longitudinal velocity variation over depth on p1, p2, p3, p4 and p5 at ADV4 position

III.4.2. Drag force coefficient

The Figure 9 shows how the drag force varies according to changes in the mean velocity (due to changes in the gate and in the power pump settings). Besides that, dividing the drag force by the respective frontal area in each point showed on the left-hand side in the Figure 9 and plotting the values obtained versus the mean velocity, the data tend to collapse on a single power law case with $b \approx 2$, which suggests a constant C_D as shown in the right-hand side in the Figure 9.

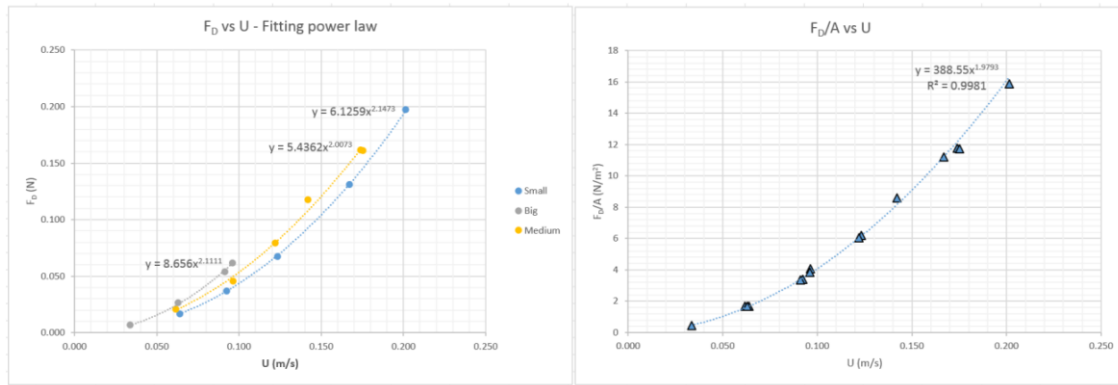


Figure 9 - Fitting power law for different gates and plotting the data altogether

Finally, one may see below the comparison between the two calculations methods of C_D for each gate. The data shows a more constant value C_D when assuming that the drag equation has a power coefficient $b = 2$, as one may on the left-hand side of Figure 10.

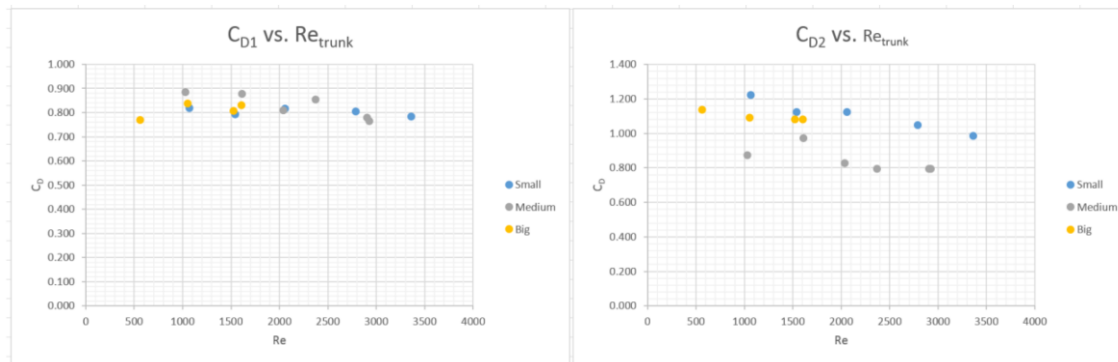


Figure 10 - Drag coefficient calculate on two ways and varying with the Reynolds number

IV. CONCLUSION

Lacking of calculations with respect to uncertainty propagation makes the conclusion not being so reliable yet. As an example, all the water depths were measured using a ruler, which introduces errors of operation. There are also significant errors introduced due to the uncertainty in frontal area due to variations of roots orientation while handling the mangrove tree for calibrating the force cell.

This project and further experimental data analysis may be useful for validating numerical models in order to better predict the wave dissipation energy, velocity variations and drag forces exerted on the mangrove. The main goal is to increase the knowledge about this kind of phenomena in order to better design and predict possible solutions for helping coastal communities. As an example of future analysis, the drag coefficient may be characterized in terms of the mangrove's biomass and the biomass related with mangrove's age, then regulators and engineers can calculate life span, financial return and better combine mangroves with concrete armor solutions when necessary.

Besides that, forest density variation may be performed in order to better understand the how single patches of mangroves would affect the parameters and coefficients calculated. Finally, the drag force was measured only on the mangrove at the leading edge, however the changes on the velocity profile as the flow passes through the forest may impact significantly the drag force measured.

V. APPENDIX

Small Gate						
h (cm)	Re	U (m/s)	F _D (N)	A (m ²)	C _{D1}	C _{D2}
12.1	22462.3	0.201	0.198	0.012	0.783	0.985
11.2	18055	0.167	0.131	0.012	0.804	1.048
10.2	12858	0.123	0.067	0.011	0.816	1.125
9.5	9630.86	0.092	0.037	0.011	0.794	1.125
9	6397.1	0.064	0.017	0.010	0.818	1.222

Medium Gate						
h (cm)	Re	U (m/s)	F _D (N)	A (m ²)	C _{D1}	C _{D2}
14.1	20355.4	0.1739	0.1615	0.0137	0.7794	0.7933
14.2	20514.3	0.1752	0.1609	0.0137	0.7647	0.7933
13.9	16619.7	0.1420	0.1178	0.0137	0.8531	0.7933
13.3	13975.8	0.1221	0.0791	0.0131	0.8104	0.8293
12.1	10200.6	0.0964	0.0457	0.0112	0.8786	0.9714
11.8	6869.06	0.0616	0.0209	0.0124	0.8846	0.8739

Big Gate						
h (cm)	Re	U (m/s)	F _D (N)	A (m ²)	C _{D1}	C _{D2}
25.0	12172.2	0.0961	0.0615	0.0160	0.8299	1.0798
24.9	11551.5	0.0912	0.0539	0.0160	0.8080	1.0798
23.6	7934.61	0.0630	0.0264	0.0159	0.8382	1.0912
20.3	4139.79	0.0336	0.0066	0.0152	0.7687	1.1391

VI. REFERENCES

- [1] Retrieved October 11, 2016, from <https://cee.mit.edu/research/parsons-laboratory>
- [2] Retrieved May 16, 2015, from http://www.mangrove.at/rhizophora-mangle_red-mangrove.html
- [3] Mazda, Y., Wolanski, E., King, B., Sase, A., Ohtsuka, D., Magi, M. (1997). “Drag force due to vegetation in mangrove swamps”. *Mangroves and Salt Marshes*, 1, 193–199.
- [4] Ohira, W., Honda, K., Nagai, M., Ratanasuwan, A. (2013). “Mangrove stilt root morphology modelling for estimating hydraulic drag in tsunami inundation simulation”. *Trees*, 27, 141-148.
- [5] TMR7 Experimental Methods in Marine Hydrodynamics – lecture in week 34 – Scaling Laws



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

INFRAWAY
ENGENHARIA

São José dos Campos, 29 de junho de 2017
Diogo Godoi de Carvalho Ramos

FOLHA DE APROVAÇÃO

Relatório Final de Estágio Curricular aceito em (data) pelos abaixo assinados:

Diogo Godoi de Carvalho Ramos

Thiago Pimentel Nykiel - Orientador/Supervisor na INFRAWAY

Ronaldo Gonçalves de Carvalho - Orientador do ITA

Eliseu Lucena Neto - Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Diogo Godoi de Carvalho Ramos
Engenharia Civil-Aeronáutica

Empresa

INFRAWAY Engenharia
Rua Armando de Oliveira Cobra, 50 – 8º andar – Sala 816 - São José dos Campos - SP
CEP 12246-002 Tel.: 12 3019-8123 email: comercial@infraway.com.br
www.infraway.com.br

Orientador/Supervisor da Empresa

Thiago Pimentel Nykiel

Orientador do ITA

Prof. Ronaldo Gonçalves de Carvalho

Período

04/01/2017 a 30/04/2017

Total de horas: 618:13:00 (hh:mm:ss)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface gráfica do software MicroStation	9
Figura 2 - Interface gráfica do software do AutoCAD.....	10
Figura 3 - Interface gráfica do software INM	11
Figura 4 – Tabela de dados de operação	12
Figura 5 – Tabela de dados de uso das rotas	12
Figura 6 – PEZR para o Aeroporto Internacional de Santarém.....	18
Figura 7- Rascunho da alternativa de ampliação de pátio para SBFI.....	20
Figura 8 - Fluxograma do processo de vendas	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de aeroportos analisados.....	14
Tabela 2 – Dados movimentos (pouso e decolagem) de operações para SBSN	16
Tabela 3– Mix para aviação geral	16
Tabela 4 – Input ao INM apenas para os casos de decolagem de SBSN	17
Tabela 5 - Tabela base para aeronaves domésticas do ano 2016 do aeroporto de Foz do Iguaçu.....	19
Tabela 6 – Tópicos gerais da proposta elaborada.....	22

LISTA DE SIGLAS

SAC	Secretaria de Aviação Civil
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
INM	Integrated Noise Model
HOTRAN	Horário de Transporte
PEZR	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
VRA	Voo Regular Ativo
ARR	Arrival
DEP	Departure
TGL	Touch-and-go landing
IATA	International Air Transportation Association
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

Sumário

INTRODUÇÃO	6
EMPRESA.....	7
a. Histórico	7
b. Resumo do estágio no contexto da Empresa	7
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	9
a. Treinamentos	9
a.1 MicroStation PowerDraft CONNECT Edition.....	9
a.2 AutoCAD Civil3D.....	10
a.3 Integrated Noise Model (INM 7.0b).....	11
b. Estudos realizados	13
b.1 Estudos de ruído	13
b.2 Estudos de alternativas	18
b.3 Elaboração de propostas	20
COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXO A – Programa desenvolvido em Python	24

INTRODUÇÃO

Com o intuito de modernizar e evoluir o transporte aéreo brasileiro, desde 2011, o Governo Federal tem promovido estratégias de ação com elevada participação do setor privado. Essa proposta permite a entrada de empresas com elevado potencial de investimento e rapidez na execução de projetos, um conjunto de qualidades impraticáveis dentro do modelo burocrático e ineficiente do estado.

Desse modo, o Governo optou pelo modelo de concessões, as quais são reguladas por contratos que preveem a devolução dos bens ao Estado uma vez terminado o período previamente estipulado. “Nesse modelo, a INFRAERO passa a ser sócia das concessionárias a fim de que fique assegurado à empresa pública o recebimento de dividendos e o fortalecimento de sua gestão” (INFRAERO, 2017).

Recentemente, os aeroportos de Fortaleza, Porto Alegre, Florianópolis e Salvador passaram por uma rodada de concessão, cujo leilão foi executado em abril deste ano. Para tanto, a Secretaria de Aviação Civil (SAC), por meio de um processo de manifestação de interesse, publicou um edital a fim de que empresas interessadas enviassem os estudos que embasariam tecnicamente a concessão. Nesta etapa, a SAC recebeu 100 propostas de 30 empresas. Dessas 30 empresas, 11 foram habilitadas pela Secretaria para realizarem os estudos dos aeroportos.

Nessa ocasião, a INFRAWAY atuou entregando estudos de engenharia abrangendo desde o levantamento da infraestrutura existente até o dimensionamento das instalações necessárias, planejando inclusive as fases de investimento para os quatro aeroportos supracitados (INFRAWAY, 2017a).

Por fim, a empresa foi selecionada para a participação efetiva apenas nos estudos dos aeroportos de Porto Alegre e Florianópolis. Após a etapa de consolidação do leilão, os novos administradores dos aeroportos foram definidos e se abriu uma nova fase de prospecção comercial em busca desses novos empreendimentos.

EMPRESA

a. Histórico

A INFRAWAY é uma empresa de engenharia com foco em infraestrutura de transportes, servindo o mercado com soluções de projeto nas disciplinas de geometria, pavimentação, terraplenagem e drenagem para os diversos modais. Atuou em mais de 65 aeroportos brasileiros, na elaboração de projetos, estudos, planos diretores e consultoria técnica (INFRAWAY, 2017). Dentre o portfólio de projetos já realizados pela a equipe, pode-se citar:

- Análise de objetos projetados no espaço aéreo do Aeroporto Val-de-Cans em Belém-PA;
- Elaboração e homologação do Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) e do Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) do aeródromo junto ao DECEA e à ANAC;
- Estudo de Viabilidade Técnica para expansão da pista de pouso e decolagem do Aeródromo Coroa do Avião;
- Elaboração de projeto executivo para ampliação e adequação do pátio de aeronaves e estudo para recuperação da pista de pouso e decolagem;
- Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental para os Aeroportos de Porto Alegre, Salvador, Fortaleza e Florianópolis;
- Estudo de Viabilidade Técnica para exploração do Aeroporto Civil Metropolitano do Guarujá.

b. Resumo do estágio no contexto da Empresa

O estágio teve como objetivo planejado os seguintes tópicos:

- Desenvolver e aplicar os conceitos de planejamento e projetos de infraestrutura aeroportuária, desenvolvendo-se projetos de infraestrutura e análise de capacidade e dimensionamento de sistemas de pistas e terminais de passageiros;
- Desenvolver estudos de alternativas para o Estudo de Viabilidade dos aeroportos de Cuiabá (SBCY), Rondonópolis (SBRD), Sinop (SWSI), Alta Floresta (SBAT) e Barra do Garça (SBBW);

- Participar ainda em outros projetos na área de infraestrutura aeroportuária desenvolvidos pela empresa, além de vivenciar um ambiente empresarial em um escritório de engenharia do setor aeroportuário.

Vale ressaltar que, apesar de o planejamento contemplar um escopo de desenvolvimento bem abrangente para o curto espaço de tempo, os objetivos considerados inicialmente seriam desenvolvidos em sintonia com a demanda de projetos da empresa. Supõe-se, portanto, a existência de adequações e priorizações durante o período de 500h planejado previamente, de modo a melhor compatibilizar a proposta do estágio com as necessidades da empresa no presente momento. Desse modo, as atividades que foram efetivamente realizadas no período estipulado de 500h dentro do contexto da empresa, a partir da data inicial do estágio, são as seguintes:

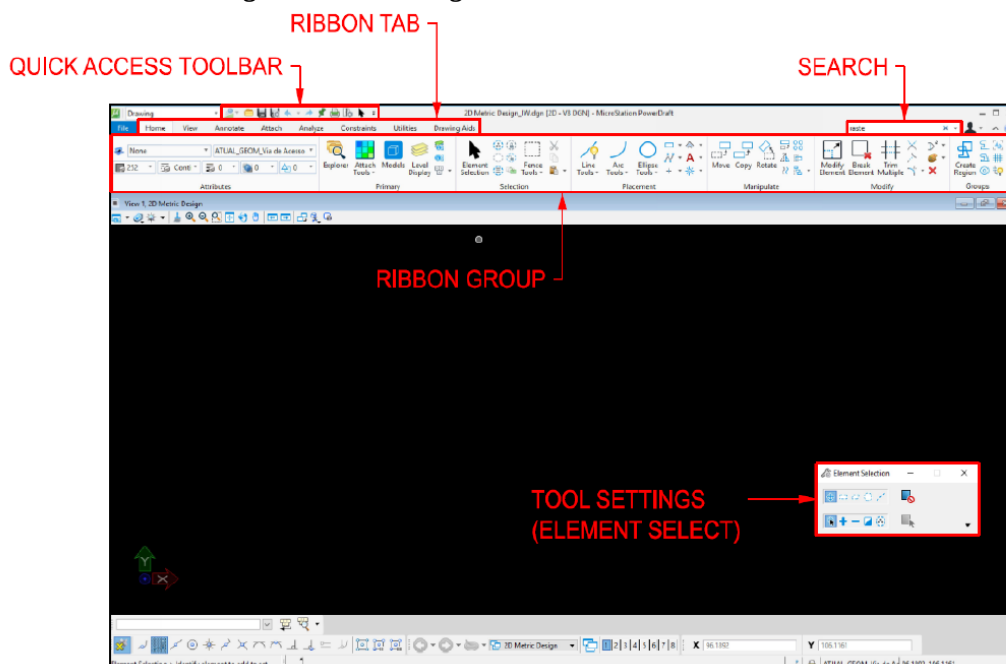
- Treinamento de ferramentas de desenho e aplicação em projetos de engenharia;
- Treinamento em ferramenta *Building Information Modeling* (BIM) para elaboração de modelagem de terraplenagem em projetos de aeroportos;
- Treinamento e estudo de ruído de aeroportos utilizando-se o software *Integrated Noise Model* (INM);
- Estudo de alternativas de expansão num horizonte de 30 anos para os aeroportos Cataratas (SBFI), Santa Genoveva (SBGO), Santa Maria (SBAR), Presidente Castro Pinto (SBJP), Governador José Richa (SBLO) e Tenente Coronel Aviador César Bombonato (SBUL);
- Elaboração de propostas de preço para planos diretores de aeródromos, além de vivenciar um ambiente empresarial em um escritório de engenharia do setor aeroportuário.

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

a. Treinamentos

a.1 MicroStation PowerDraft CONNECT Edition

Figura 1 - Interface gráfica do software MicroStation



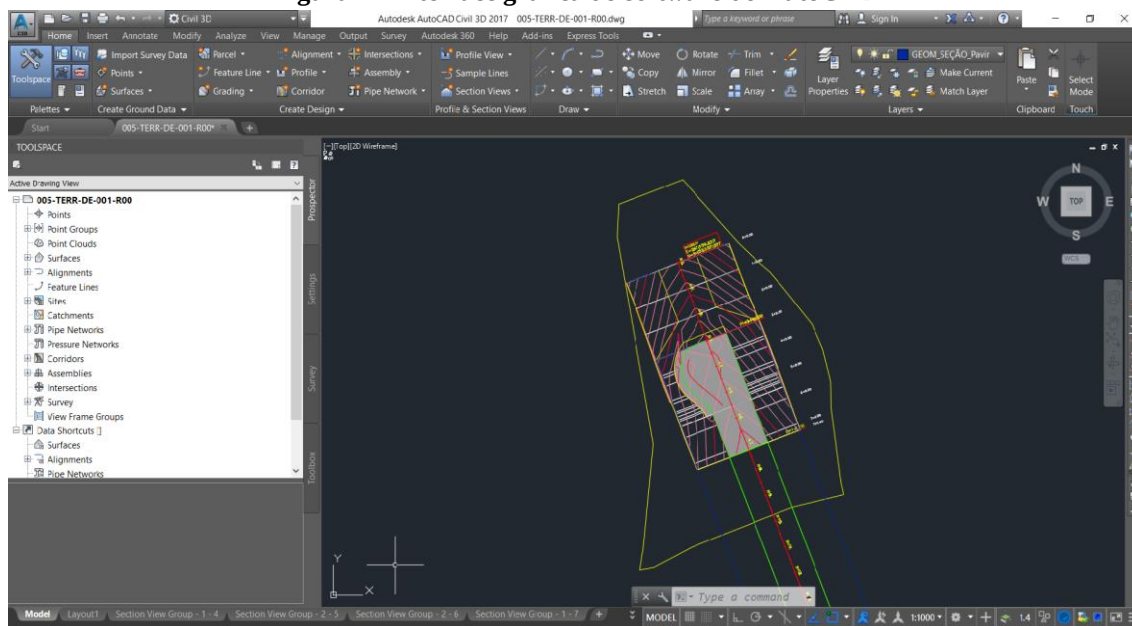
Fonte: INFRAWAY Aula – Desenho Técnico

No treinamento de desenho técnico buscou-se o aprendizado das principais capacidades do software, conforme ilustrado na Figura 1 acima, e construção de desenhos 2D, focando-se principalmente em elementos úteis ao projeto de aeroportos. Como exemplo, pode-se citar:

- Configuração do sistema de georreferenciamento;
- Importação e exportação de desenhos para o Google Earth;
- Captura de malhas de terreno no Google Earth;
- Consolidação dos aprendizados por meio da execução de um projeto geométrico completo do Aeroporto de Palmas (SBPJ).

a.2 AutoCAD Civil3D

Figura 2 - Interface gráfica do software do AutoCAD



Fonte: INFRAWAY - Aula de Terraplenagem

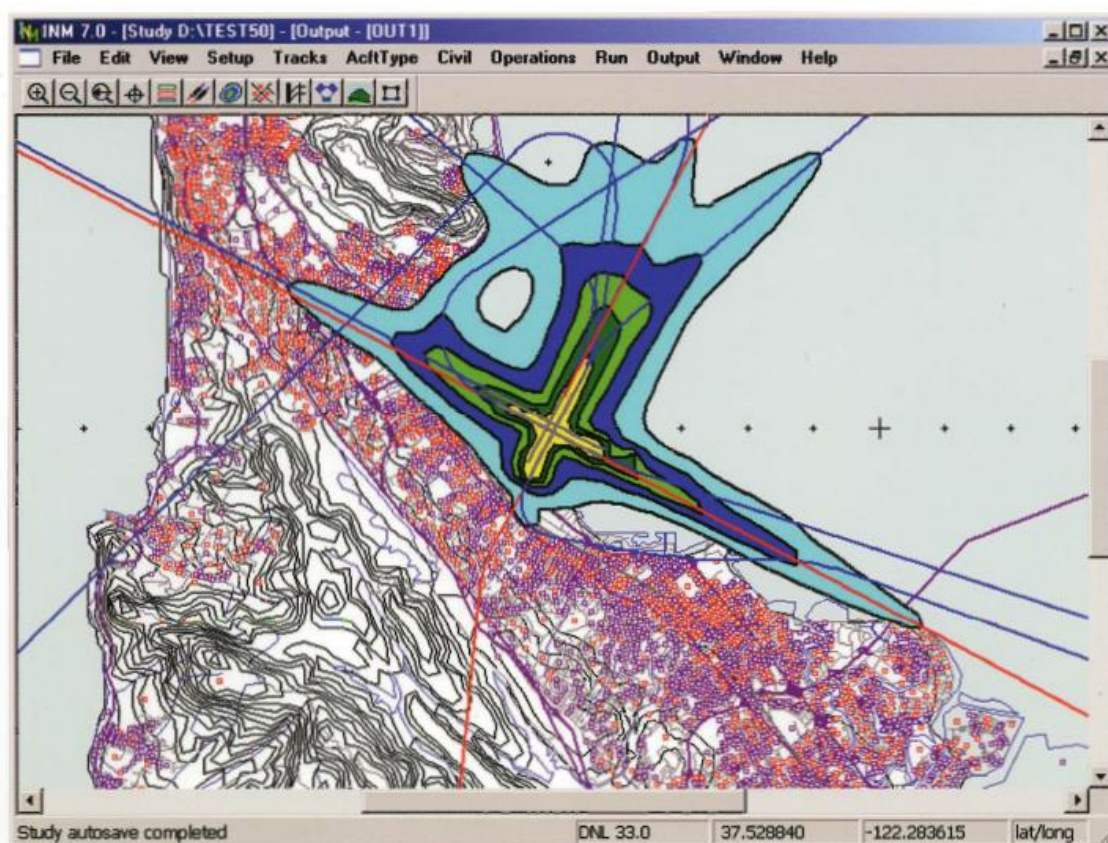
Depois do treinamento de desenho técnico supracitado, o arquivo elaborado passou a servir como referência ao treinamento de terraplenagem, conforme ilustrado na Figura 2 acima. Após o aprendizado das funcionalidades básicas presentes nas *ribbons*, prosseguiu-se com os seguintes passos:

- Criação da superfície de terreno natural a partir de dados topográficos e geométricos;
- Importação do projeto geométrico elaborado na ferramenta de desenho técnico;
- Criação dos alinhamentos horizontais e definição dos estaqueamentos de acordo com o projeto geométrico e necessidades do modelo;
- Definição dos alinhamentos verticais por meio da definição do perfil do terreno natural e perfil de projeto;
- Criação das seções tipo com as características de largura, declividade e concorência de acordo com as premissas de projeto;
- Criação de um corredor, associando-se uma seção tipo, um alinhamento horizontal e um vertical;
- Criação da superfície de projeto e comparação com a superfície de terreno buscando-se a minimização de volumes.

Além disso, o treinamento contemplou características típicas de projeto como a correção de triangulações mal realizadas pelo software, a construção de intersecções do modo mais suave possível, escolhas de declividades compatíveis com Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 159 (RBAC159) e aspectos de drenagem, confecção de taludes em pontos específicos e análise de volume pela mudança dos alinhamentos.

a.3 Integrated Noise Model (INM 7.0b)

Figura 3 - Interface gráfica do software INM



Fonte: INM User's Guide

Por meio de um curso prático de cinco aulas do software ilustrado na Figura 3 acima, foram abordados os tópicos principais a respeito do uso do software e dos conceitos utilizados. Inicialmente, buscou-se o entendimento das principais métricas comumente usadas na avaliação do ruído aeroportuário, explorando-se o modo como se calculam a métrica *Perceived Noise Level* (PNL), *Sound Exposure Level* (SEL) e *Day-Night Average Sound Level* (DNL). Além de se definir matematicamente cada uma, fez-se também uma análise da relação entre tais métricas e como se dá o processo de cálculo dentro do INM.

Em seguida, a segunda aula teve como objetivo o entendimento da integração dos componentes que influenciam o modelamento do ruído. Desse modo, buscou-se definir os tipos de *input* que seriam necessários ao software:

- Aspectos físicos: layout das pistas, condições climatológicas, geometria das rotas aéreas, etc;
- Aspectos operacionais: tipo de aeronave, número e horário das operações, tipo de operações, proporção de operações entre cabeceiras, etc.

Também se definiu as possibilidades de output oferecidos pelo software:

- Contornos;
- Relatórios em locais específicos.

Na terceira aula, objetivou-se entender o processo básico de uso do software focando-se nas tarefas de coleta de dados de acordo com a estrutura interna do sistema, o qual separa os dados em três níveis: *study*, *case* e *scenario*. Também buscou-se entender o processo de refinamento da solução final e seu impacto no tempo de cálculo. Além disso, buscou-se o treinamento de como organizar a entrada de dados em tabelas de operação e uso de rotas aéreas como os exemplos das Figura 4 e Figura 5 abaixo.

Figura 4 – Tabela de dados de operação

Decolagem		total	22,12	1,89		Pouso	total	22,25	1,84
Equip.	INM Type	Etapas	Dia	Noite		Equip.	INM Type	Dia	Noite
G650	GV	1	0,73	0,00		G650	GV	0,73	0,00
Falcon 2000LX	FAL20A (CL600)	1	0,73	0,00		Falcon 2000LX	Falcon 2000 (CL600)	0,73	0,00
LearJet 60	LEAR60 (LEAR35)	1	1,46	0,00		LearJet 60	LEAR60 (LEAR35)	1,46	0,00
Citation Excel	CIT3	1	2,19	0,00		Citation Excel	CIT3	2,19	0,00
Learjet 31A	LEAR31 (LEAR35)	1	4,38	0,00		Learjet 31A	LEAR31 (LEAR35)	4,38	0,00
Pilatus PC-12	CNA441	1	2,19	0,00		Pilatus PC-12	CNA441	2,19	0,00
Cirrus SR22	GASEPV	1	2,92	0,00		Cirrus SR22	GASEPV	2,92	0,00
A109	A109	1	0,00	0,00		A109	A109	0,00	0,00
A320	A320-232	2	0,38	0		A320	A320-232	0,38	0,01
A332	A330-301	1	0,01	0		A332	A330-301	0,01	0
A319	A319-131	2	0	0,33		A319	A319-131	0	0,33
AT72	ATR72 (HS748A)	1	2,5	0,01		AT72	ATR72 (HS748A)	2,51	0
B738	737800	1	1,08	0,81		B738	737800	1,02	0,79
B763	767300	1	0	0		B763	767300	0	0
B737	737700	1	0,49	0,66		B737	737700	0,55	0,68
E190	EMB190 (GV)	1	3,06	0,08		E190	EMB190 (GV)	3,18	0,03

Fonte: Autor

Figura 5 – Tabela de dados de uso das rotas

Arrival Flight Track Usage			Departure Flight Track Usage		
Runway	Track	Usage (%)	Runway	Track	Usage (%)
10	10A1	70,00%	10	10D1	70,00%
28	28A1	30,00%	28	28D1	30,00%

Fonte: Autor

Já na quarta aula, tratou-se das capacidades mais avançadas do software tais como a manipulação dos arquivos sem a mediação das interfaces básicas, definição de aeronaves criadas

pelo usuário, modelamento incluindo-se helicópteros e incorporação de dados de censos populacionais com o intuito de estimar o número de residentes afetados dentro de cada curva de ruído.

Finalmente, na quinta aula, buscou-se apenas a consolidação dos conceitos por meio de estudos de caso através do cálculo de áreas afetadas pelas curvas de ruído, propondo-se mudanças de mitigação por meio da análise de diferentes possibilidades de cenários.

b. Estudos realizados

b.1 Estudos de ruído

Partindo-se dos conhecimentos adquiridos no software de análise de ruído explicitado anteriormente, elaborou-se as curvas de ruído para os seguintes aeroportos listados na Tabela 1 abaixo, tendo em vista uma análise preliminar do Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) de tais sítios. Toda base de dados de movimentação e meteorologia foram consideradas para o ano de 2016.

Tabela 1 – Lista de aeroportos analisados

ICAO	NOME DO AEROPORTO	MUNICÍPIO
SBSP	CONGONHAS	SÃO PAULO
SBRJ	SANTOS DUMONT	RIO DE JANEIRO
SBCT	AFONSO PENA	CURITIBA
SBRF	GUARARAPES - GILBERTO FREYRE	RECIFE
SBBE	JÚLIO CEZAR RIBEIRO	BELÉM
SBEG	EDUARDO GOMES	MANAUS
SBCY	MARECHAL RONDON	VÁRZEA GRANDE
SBGO	SANTA GENOVEVA	GOIÂNIA
SBVT	EURICO DE AGUIAR SALLES	VITÓRIA
SBSL	MARECHAL CUNHA MACHADO	SÃO LUÍS
SBFI	CATARATAS	FOZ DO IGUAÇU
SBCG	CAMPO GRANDE	CAMPO GRANDE
SBNF	MINISTRO VICTOR KONDER	NAVEGANTES
SBMO	ZUMBI DOS PALMARES	MACEIÓ
SBUL	TEN CEL AVIADOR CÉSAR BOMBONATO	UBERLÂNDIA
SBLO	GOVERNADOR JOSÉ RICHÁ	LONDRINA
SBBH	PAMPULHA - CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE	BELO HORIZONTE
SBPJ	BRIGADEIRO LYSIAS RODRIGUES	PALMAS
SBTE	SENADOR PETRÔNIO PORTELLA	TERESINA
SBJP	PRESIDENTE CASTRO PINTO	JOÃO PESSOA
SBAR	SANTA MARIA	ARACAJU
SBPV	GOVERNADOR JORGE TEIXEIRA DE OLIVEIRA	PORTO VELHO
SBSN	MAESTRO WILSON FONSECA	SANTARÉM
SBIL	BAHIA - JORGE AMADO	ILHÉUS
SBPA	SALGADO FILHO	PORTO ALEGRE
SBSV	DEP. LUÍS EDUARDO MAGALHÃES	SALVADOR
SBFZ	PINTO MARTINS	FORTALEZA
SBFL	HERCÍLIO LUZ	FLORIANÓPOLIS

Fonte: Autor

Baseando-se nas cartas *Instrument Approach Chart* (IAC), *Aerodrome Chart* (ADC), *Standard Terminal Arrival* (STAR) e *Standard Instrument Departure* (SID) desses aeroportos, iniciou-se uma coleta de dados que caracterizassem fisicamente os aeroportos, bem como as possíveis trajetórias de pouso e decolagem declaradas no serviço de informação aeronáutica (AISWEB, 2017). Também nas cartas IAC, encontravam-se as informações quanto ao procedimento de aproximação como o *glide slope* e o *touchdown crossing height*.

Dados meteorológicos quanto a temperatura média, humidade média e pressão QNH média para o ano de 2016 foram encontrados no banco de dados climatológicos do comando da aeronáutica (ICEA, 2017). Tentou-se também estimar a percentagem de uso das cabeceiras a partir dos dados de velocidade e direção do vento, no entanto tal estimativa se apresentou insatisfatória com os dados reais de alguns aeroportos, descartando-se logo em seguida essa abordagem.

Em seguida, buscou-se a obtenção de dados quanto a operação desses aeroportos, tornando-se necessário o acesso aos seguintes dados, para cada operação de aviação geral, comercial e militar ocorrida no ano de 2016:

- Nome da aeronave utilizada;
- Aeroporto de origem e aeroporto de destino;
- Cabeceira utilizada;
- Tipo de operação: pouso (ARR), decolagem (DEP) ou toque e arremetida (TGL);
- Caso a operação seja ARR, qual procedimento de aproximação foi utilizado;
- Caso a operação seja DEP, qual SID e rota de saída foi utilizada;
- Caso a operação seja TGL, qual procedimento foi utilizado;
- Horário da operação.

Combinando-se os dados do horário de transporte (HOTRAN) e do Voo Regular Ativo (VRA) disponibilizados (ANAC, 2017), pode-se extrair algumas das informações necessárias supracitadas apenas para aviação comercial, tais como: aeronave, par origem-destino e horário da operação. Sendo o volume de dados muito elevado, tornou-se impraticável seu tratamento pelo software Excel, abrindo-se a oportunidade para o aprendizado da linguagem de programação Python - ANEXO A – Programa desenvolvido em Python.

Quanto à operação, o INM exige que se adicione para cada aeronave os seguintes dados: pouso ou decolagem, número de operações média anual ocorridas ao dia (7:00-22:00) e à noite (22:00-7:00) e, no caso de decolagem, qual etapa percorrida (a etapa é determinada pela distância entre os aeroportos de origem e destino). Nesse ponto ficou clara a necessidade de outra abordagem, uma vez que para cada linha de operação presente no VRA seria necessária a determinação da distância entre os aeroportos do par origem-destino. Portanto, partindo-se de um banco de dados com o registro latitude/longitude de todos os aeroportos, podia-se determinar a etapa percorrida em cada caso de decolagem valendo-se do algoritmo que calculava a distância entre os aeroportos, desenvolvido em Python.

Infelizmente, nem todos os dados necessários para o estudo são disponibilizados pelas autoridades competentes, exigindo-se a estimativa de alguns deles. Como exemplo, pode-se citar os dados de operação de aviação geral e militar, dos quais simplesmente não há nenhum veículo público disponibilizando-os. Contornando-se tal dificuldade, optou-se pelo uso do anuário disponibilizado pelo DECEA, o qual continha ao menos as porcentagens de operação de aviação comercial, geral e militar para a grande maioria dos aeroportos em estudo (DECEA, 2017). No entanto, como não se sabe quais aeronaves militares operaram no período e sendo sua participação pequena no total de movimentos, todas essas operações foram desconsideradas. A Tabela 2 abaixo ilustra os dados obtidos para o aeroporto SBSN, onde as células em cinza mostram os dados que foram obtidos pelo VRA (operações do dia-médio anual) e pelo anuário do DECEA (porcentagem), enquanto que as células brancas foram calculadas por simples regra de três.

Tabela 2 – Dados movimentos (pouso e decolagem) de operações para SBSN

Tipo	Aviação Geral	Aviação Comercial	Aviação Militar
Dia-Médio	29,19	18,91	0,98
% Movimentos	59,47	38,52	2,00

Fonte: Autor

Para a aviação geral, optou-se pelo uso do seguinte mix da Tabela 3 abaixo para o projeto do aeródromo, redistribuindo-se proporcionalmente a presença de helicópteros para as demais já que foram desconsideradas as operações de helicópteros.

Tabela 3– Mix para aviação geral

Tipo	Equipamento	Mix
Transoceânicas	G650	5,00%
Big Size	Falcon 2000LX	5,00%
Mid Size	LearJet 60	10,00%
Light Jet	Citation Excel	15,00%
Very Light Jet	Learjet 31A	30,00%
Turbo	Pilatus PC-12	15,00%
Hélice	Cirrus SR22	20,00%
Helicópteros	A109	0,00%

Fonte: INFRAWAY adaptada pelo autor

Como exemplo de *tabela input* ao software INM, a Tabela 4 abaixo ilustra o caso do aeroporto SBSN para operações de decolagem. Os nomes listados em parêntesis correspondem às aeronaves substitutas que o software utiliza na ausência, em seu banco de dados, daquela que realmente operou.

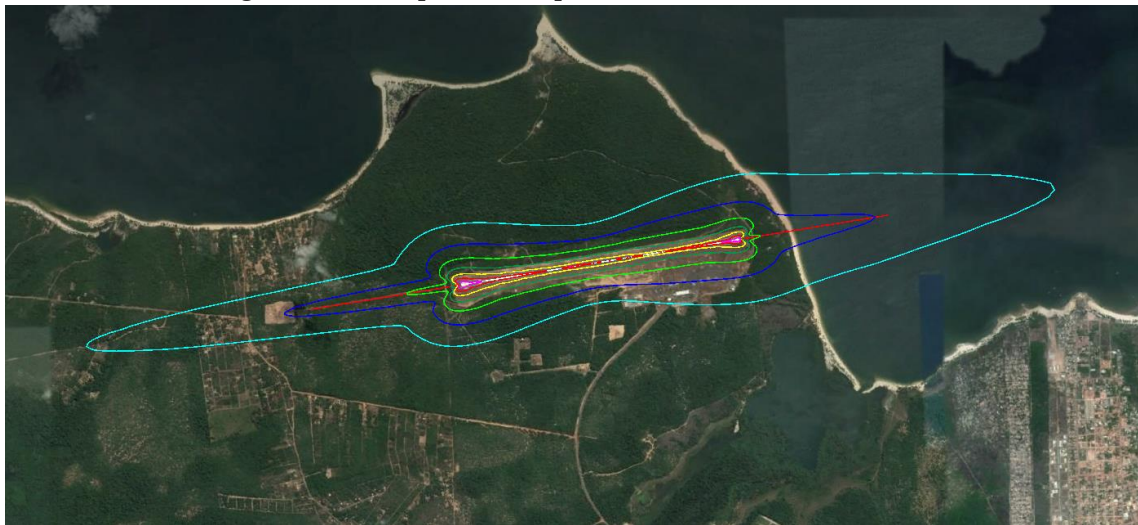
Tabela 4 – Input ao INM apenas para os casos de decolagem de SBSN

Equipamento	INM Type	Etapas	Dia	Noite
G650	GV	1	0,73	0,00
Falcon 2000LX	FAL20A (CL600)	1	0,73	0,00
LearJet 60	LEAR60 (LEAR35)	1	1,46	0,00
Citation Excel	CIT3	1	2,19	0,00
Learjet 31A	LEAR31 (LEAR35)	1	4,38	0,00
Pilatus PC-12	CNA441	1	2,19	0,00
Cirrus SR22	GASEPV	1	2,92	0,00
A109	A109	1	0,00	0,00
A320	A320-232	2	0,38	0,00
A332	A330-301	1	0,01	0,00
A319	A319-131	2	0,00	0,33
AT72	ATR72 (HS748A)	1	2,50	0,01
B738	737800	1	1,08	0,81
B763	767300	1	0,00	0,00
B737	737700	1	0,49	0,66
E190	EMB190 (GV)	1	3,06	0,08
Total			22,12	1,89

Fonte: Autor

Como premissa simplificadora, também se considerou todas as rotas de aproximação e decolagem como linhas retas que partem de cada cabeceira. As porcentagens de utilização das cabeceiras foram adotadas como 70% e 30% na maioria dos casos por falta de dados confiáveis. A Figura 6 abaixo ilustra o resultado final das curvas de 55 dB, 60 dB, 65 dB, 70 dB, 75 dB, 80 dB e 85 dB para o aeroporto SBSN.

Figura 6 – PEZR para o Aeroporto Internacional de Santarém



Fonte: Autor

b.2 Estudos de alternativas

Com o intuito de antecipar situações e possíveis entraves na expansão de um aeroporto, um dos trabalhos desenvolvidos consistiu na análise de alternativas de expansão para os aeroportos SBF1, SBGO, SBAR, SBJP, SBLO e SBUL. A escolha desses aeroportos baseou-se na premissa de que seriam os mais prováveis de serem concessionados nas próximas rodadas, por se tratarem de aeroportos de grande porte, ao mesmo tempo que não são os mais rentáveis da rede INFRAERO e, por isso, seriam prováveis alvos da concessão.

Inicialmente analisou-se todas as rotas já executadas com origem e destino em cada aeródromo, de 2000 a 2017, liberadas na base de dados estatísticos do transporte aéreo (ANAC, 2017a). Em seguida, calculou-se o número de passageiros de 2016 para cada aeroporto supracitado e determinou-se a projeção de demanda simplificada com uma taxa de crescimento anual de 3,5% até 2030. Partindo-se dos dados de movimentação de aeronaves do HOTRAN de 2016, determinou-se a quantidade de passageiros da hora-pico para embarque, desembarque e ambos simultaneamente. Essa quantidade de passageiros é estimada partindo-se do número de assentos de cada aeronave e seu respectivo *load factor* para o dia médio do mês pico para o ano de 2016. Do mesmo modo, projeta-se a quantidade de passageiros na hora pico supondo-se uma taxa anual de crescimento de 3,5%.

De posse do volume de passageiros na hora pico, procede-se à estimativa do tamanho médio das aeronaves da frota a partir do mix anual da frota, do *load factor* obtido pelo banco da ANAC e do número de assentos de cada faixa de aeronave que compõe o mix. A simples multiplicação desses fatores leva ao cálculo do tamanho médio das aeronaves. A Tabela 5

abaixo mostra um exemplo onde resulta em uma média 120,1 passageiros por movimento em 2016. O cálculo para os próximos anos se baseia em projeções realizadas para a Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Tabela base para aeronaves domésticas do ano 2016 do aeroporto de Foz do Iguaçu

Categorias	Movimento de aeronaves	Tamanho média das aeronaves	Taxa de Ocupação
A (Faixa 1)	0%	15	78%
B (Faixa 2)	0%	25	78%
C (faixa 3 + faixa 4 + faixa 5)	100%	155	78%
D (faixa 6)	0%	210	78%
E (faixa 7)	0%	350	78%
F (faixa 8)	0%	450	78%

Fonte: INFRAWAY adaptada pelo autor

Desse modo, sendo para 2017 o calculado de 120,5 passageiros por movimento, pode-se estimar o número de movimentos anuais dividindo-se o número total de passageiros estimados pela quantidade de passageiros por movimento.

Assim sendo, de modo geral, após a construção do cenário de demanda ao longo do período de interesse, pode-se prosseguir ao cálculo do dimensionamento dos sistemas. Por meio dos manuais disponibilizados pela INFRAERO, IATA e DECEA, a INFRAWAY já havia elaborado planilhas de dimensionamento que são alimentadas com os parâmetros de cada aeroporto em análise, possibilitando o cálculo das quantidades necessárias às análises de alternativas, tais como: capacidade da pista, área de terminal necessária, número de posições de embarque de contato e remotas, área do terminal de cargas, etc. A Figura 7 abaixo ilustra um rascunho da elaboração de diferentes alternativas respeitando-se, na elaboração, as diretrizes normativas do RBAC159.

b.3 Elaboração de propostas

Todo projeto de engenharia se inicia no processo de determinação do escopo dos trabalhos a serem desenvolvidos pela empresa, os entregáveis e o cronograma das atividades. Uma vez definido todo o cenário global do trabalho, detalhando-se os aspectos necessários, pode-se realizar uma proposta de trabalho e de preço que se adeque ao esforço empreendido para realizá-lo. Em geral, o fluxograma para o fechamento de contrato de um serviço, após realizado o processo de prospecção das oportunidades, se ilustra conforme a Figura 8 abaixo.

```
graph LR; A[Entendimento do escopo e características de contratação] --> B[Elaboração das atividades e preço da proposta]; B --> C[Negociação da proposta]; C --> D[Venda];
```

Entendimento do escopo e características de contratação

Elaboração das atividades e preço da proposta

Negociação da proposta

Venda

20

Desse modo, uma condição necessária para que se realize uma boa proposta é o conhecimento das etapas de realização do projeto, tanto em nível macro quanto nos detalhes de tarefas específicas. Como exemplo, pode-se citar um projeto para escolha de um sítio aeroportuário. Para tanto, seria preciso estruturar a realização em subprojetos menores de modo que, ao serem concluídos em conjunto, concluam o projeto principal. Esses subprojetos podem ser listados como: análise do tipo de desenvolvimento das áreas vizinhas, análise das condições meteorológicas do local, análise de acessibilidade ao local, análise da economia de construção e análise de obstáculos. Analogamente, dentro de cada subprojeto, pode-se reduzi-lo em atividades cada vez melhor identificáveis pelo projetista, dando-lhe a condição de metrificar a realização da atividade em termos de entregáveis e de horas trabalhadas.

Durante o tempo de estágio, trabalhou-se na elaboração de duas propostas cujo escopo se definia pela confecção do plano diretor de um aeródromo. Uma delas consistia na revisão e reelaboração de um novo plano para o Aeroporto Internacional de Salvador - Deputado Luís Eduardo Magalhães. Devido ao processo de concessão, além do plano diretor, a proposta contemplava também a elaboração do anteprojeto, projeto básico e executivo de serviços como adequações no pátio, pista de táxi e pista de pouso e decolagem.

Já a segunda proposta se tratava da elaboração do plano diretor aeroportuário para a implantação de aeródromo para aeronaves de asa fixa e rotativa incluindo pista de 2.000 m (dois mil metros) de extensão e assessoria para certificação junto à ANAC, localizado no polo CIMATEC Industrial de Camaçari-BA. O escopo do projeto foi publicamente liberado conforme Edital de Convite nº 31/2017, e a proposta de trabalhos a serem realizados pela empresa foi detalhado conforme ilustra a Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Tópicos gerais da proposta elaborada

1	SUBETAPA 1 - 10%
1.1	Reuniões iniciais
1.2	Elaboração dos modelos dos documentos
1.3	Apresentação e aprovação dos modelos
2	SUBETAPA 2 - 40%
2.1	Elaboração do capítulo "Introdução"
2.2	Elaboração do capítulo "Caracterização urbana e ambiental da região"
2.3	Elaboração do capítulo "Informações básicas do sítio"
2.4	Elaboração do capítulo "Estudos de demanda"
2.5	Elaboração do capítulo "Análise das necessidades futuras"
2.6	Elaboração do capítulo "Posicionamento do aeroporto"
3	SUBETAPA 3 - 50%
3.1	Emissão do relatório parcial
3.2	Elaboração do capítulo "Situação econômico-financeira"
3.3	Elaboração do capítulo "Estudos de alternativas"
3.4	Elaboração do capítulo "Planejamento geral do aeroporto"

Fonte: INFRAWAY adaptada pelo autor

COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Considerando-se o exposto até aqui, concluo que essas 618h de estágio deram-me a chance de materializar, revisar e aprofundar muitos conceitos abordados durante minha formação no ITA, principalmente nas disciplinas TRA-39, GEO-55 e CES-11. Ao mesmo tempo, quando se realiza atividades fora do âmbito acadêmico, torna-se muito mais claro o fim ao qual cada esforço se orienta, nos oferecendo o senso de utilidade daquilo que se faz. Dentro da INFRAWAY, por exemplo, todo e qualquer impulso de buscar conhecimento e aprimoramento nasce sempre de um problema real dentro da empresa e que só pode ser resolvido mediante tal esforço.

Além disso, ressalto o suporte e motivação que a empresa me ofereceu na elaboração do meu trabalho de graduação. Não somente o tema, mas também os contatos necessários foram fornecidos pela empresa, oferecendo-me um ambiente de trabalho harmônico ao desenvolvimento pessoal e obrigações de um universitário.

REFERÊNCIAS

AISWEB. Cartas Aeronáuticas. **AISWEB**, 10 Maio 2017. Disponível em: <<http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>>. Acesso em: 2017 Maio 11.

ANAC. ANAC. **Histórico de voos**, 11 maio 2017. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/historico-de-voos>>. Acesso em: 11 Maio 2017.

ANAC. **Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo**, 2017a. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/envio-de-informacoes/base-de-dados-estatisticos-do-transporte-aereo>>. Acesso em: 11 Maio 2017.

DECEA. Portal Operacional. **CGNA**, 11 Maio 2017. Disponível em: <<http://portal.cgna.gov.br/resources>>. Acesso em: 11 Maio 2017.

ICEA. **Banco de Dados Climatológicos do Comando da Aeronáutica**, 10 Maio 2017. Disponível em: <<http://clima.icea.gov.br/clima/>>. Acesso em: 05 Maio 2017.

INFRAERO. CONCESSÃO DE AEROPORTOS. **INFRAERO**, 05 Maio 2017. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/transparencia/concessao.html>>. Acesso em: 05 Maio 2017.

INFRAWAY. UM POUCO SOBRE NÓS. **INFRAWAY**, 05 Maio 2017. Disponível em: <<http://infraway.com.br/sobre>>. Acesso em: 11 Maio 2017.

INFRAWAY. SSA, POA, FOR E FLN. **INFRAWAY**, 05 Maio 2017a. Disponível em: <<http://infraway.com.br/projetos/66-ssa-poa-for-e-fln>>. Acesso em: 11 Maio 2017.

ANEXO A – Programa desenvolvido em Python

```
import csv
import time
import datetime
import math
import pickle
import xlwt
```

```
#FUNÇÃO busca a distância do par origem destino e devolve o STAGELENGTH
def distance(lat1,lon1,lat2,lon2):
```

```
    radius = 6371 # km
    dlat = math.radians(lat2-lat1)
    dlon = math.radians(lon2-lon1)
    a = math.sin(dlat/2) * math.sin(dlat/2) + math.cos(math.radians(lat1)) \
        * math.cos(math.radians(lat2)) * math.sin(dlon/2) * math.sin(dlon/2)
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1-a))
    d = radius * c
    #em milhas náuticas
    d = d*0.539957
```

```
    if d<=500:
        stage = 1
    elif d<=1000:
        stage = 2
    elif d<=1500:
        stage = 3
    elif d<=2500:
        stage = 4
    elif d<=3500:
        stage = 5
    elif d<=4500:
        stage = 6
    elif d<=5500:
        stage = 7
    elif d<=6500:
        stage = 8
    else:
        stage = 9
    return stage
```

```
#INÍCIO DO PROGRAMA
```

```
#Lê todos os VRAs
```

```
airp = input("Digite o código ICAO do aeroporto: ")
```

```
airp = airp.upper()
```

```
cod = input("Digite os códigos(0:Voo regular, 5:Voo cargo, 6:Voo de serviço,  
0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B:todos): ")
```

```
filenames = ['vra (1).csv','vra (2).csv','vra (3).csv','vra (4).csv','vra (5).csv','vra (6).csv','vra (7).csv','vra  
(8).csv','vra (9).csv','vra (10).csv','vra (11).csv','vra (12).csv']
```

```
#declarando as listas utilizadas
```

```
voo = []          #armazena o nome do voo concatenando empresa e número
equip = []        #armazena o tipo de aeronave para cada voo
```



```

airport = []          #armazena a lista de aeroportos que possuem Lat Long
lat = []
long = []
final_pou equip = []  #armazena a lista de equipamento utilizado para cada pouso para um dado
aeroporto
final_pou_time = []   #armazena o tipo de horário (dia ou noite) de cada pouso para um dado
aeroporto
final_dec equip = []
final_dec_stage = []
final_dec_time = []

#carrega o banco de dados HOTRAN que possui o par (Voo, Equip)
with open('HOTRAN.txt','rb') as f:
    voo, equip = pickle.load(f)
#carrega o banco de dados LatLong de aeroportos e procura o aeroporto inicial
with open('AEROPORTOS.txt','rb') as f:
    airport, lat, long = pickle.load(f)
lat1 = lat[airport.index(airp)]
lon1 = long[airport.index(airp)]

#separa cada linha das planilhas nas listas do tipo final
for fname in filenames:
    f = open(fname)
    read = csv.reader(f,delimiter=';')
    for row in read:
        #contagem das decolagens
        if row[4] in airp:
            if row[2] in cod:
                if row[10] == 'REALIZADO' or row[10] == 'Realizado':
                    #row[10] = 'REALIZADO'
                    #procura o equipamento correspondente ao "vooproc"
                    num = row[1].split(' ')
                    vooproc = row[0]+num[-1]
                    try: #PULA CASO O VÔO NÃO SEJA ENCONTRADO NA LISTA HOTRAN
                        equipdex = voo.index(vooproc)
                        #salva apenas a hora prevista de decolagem
                        partida = row[7].split(' ')
                        try: #PULA CASO O VÔO NÃO APRESENTE HORÁRIO DEFINIDO EM VRA
                            hora = partida[1]
                            hora = datetime.datetime.strptime(hora, '%H:%M').time()
                            #calcula a distância entre a origem e destino
                            lat2 = lat[airport.index(row[5])]
                            lon2 = long[airport.index(row[5])]
                            final_dec_stage.append(distance(lat1,lon1,lat2,lon2))
                            #separa os vôos entre dia e noite
                            final_dec equip.append(equip[equipdex])
                            if hora <= datetime.datetime.strptime('22:00', '%H:%M').time() and hora >=date-
time.datetime.strptime('7:00', '%H:%M').time():
                                final_dec_time.append('D')
                            else:
                                final_dec_time.append('N')
                        except IndexError:
                            pass
                    except ValueError:
                        pass

```

```

#contagem dos pousos
elif row[5] in airp:
    if row[2] in cod:
        if row[10] == 'REALIZADO' or row[10] == 'Realizado':
            row[10] = 'REALIZADO'
            #procura o equipamento correspondente ao "vooproc"
            num = row[1].split(' ')
            vooproc = row[0]+num[-1]
            try:
                equipdex = voo.index(vooproc)
                #salva apenas a hora prevista de pouso
                chegada = row[9].split(' ')
                #print(chegada)
                try:
                    hora = chegada[1]
                    hora = datetime.datetime.strptime(hora, '%H:%M').time()
                    #separa os vôos entre dia e noite
                    final_pou_equip.append(equip[equipdex])
                    if hora <= datetime.datetime.strptime('22:00', '%H:%M').time() and hora >= date-
time.datetime.strptime('7:00', '%H:%M').time():
                        final_pou_time.append('D')
                    else:
                        final_pou_time.append('N')
                except IndexError:
                    pass
            except ValueError:
                pass

```

```

#FUNÇÃO que produz a planilha do INM
#primeiro cria-se o conjunto de aviões presentes na lista
equip_INM_dec = list(set(final_dec_equip))
equip_INM_pou = list(set(final_pou_equip))
#sabendo-se a quantidade de cada avião agrupa-se, dentro de cada avião, por etapas
final = []
total = 0
for aeronave in equip_INM_dec:
    #procura todos os índices da variável aeronave
    indices_aer = [i for i, x in enumerate(final_dec_equip) if x == aeronave]
    stages_set = []
    stages_list = []
    time_list = []
    #salva todos os stages e times dos respectivos índices
    for ind in indices_aer:
        stages_list.append(final_dec_stage[ind])
        time_list.append(final_dec_time[ind])
    stages_set = list(set(stages_list))
    #dentro de cada etapa separa-se em dia e noite
    for stg in stages_set:
        d = 0
        n = 0
        #procura todos os índices correspondente a stg
        indices_stg = [i for i, x in enumerate(stages_list) if x == stg]
        for i_stg in indices_stg:
            total = total + 1

```

```

        if time_list[i_stg] == 'D':
            d = d + 1
        else:
            n = n + 1
        d = round(d/365,2)
        n = round(n/365,2)
        linha = [aeronave,stg,d,n]
        final.append(linha)
for aeronave in equip_INM_pou:
    indices_aer = [i for i, x in enumerate(final_pou_equip) if x == aeronave]
    d = 0
    n = 0
    for i in indices_aer:
        total = total + 1
        if final_pou_time[i] == 'D':
            d = d + 1
        else:
            n = n + 1
    d = round(d/365,2)
    n = round(n/365,2)
    linha = [aeronave,d,n]
    final.append(linha)
print(*final,sep="\n")
print("Total=",total)
print("Dia-médio=",round(total/365,2))
#salvando numa pasta excel
wb = xlwt.Workbook()
ws = wb.add_sheet('sheet1')
ws.write(0,0,total)
ws.write(0,1,round(total/365,2))
for i, l in enumerate(final):
    for j, col in enumerate(l):
        ws.write(i+1, j, col)
wb.save(airp + "_" + cod + ".xls")

```