

ESTUDIOS SOBRE LA ENSEÑANZA DE LOS EFECTOS DEL VIENTO

T. Cassimiro da Silva¹, P. R. C. Drach¹ y O. D. Corbella^{1, 2}.

¹ Programa de Pós-graduação em Urbanismo de la Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
de la Universidade Federal do Rio de Janeiro – PROURB/FAU/UFRJ – Rio de Janeiro

Tel. [+5521] 2598-1990– Fax [+5521] 2598-1991 – E-mail: prourb@fau.ufrj.br/ tuneldeventofau@gmail.com

Recibido: 02/08/12; Aceptado: 24/09/12

RESUMEN: El Túnel de Viento es una herramienta proyectual fundamental para el uso inteligente del viento en edificaciones y espacios urbanos, objetivando el confort ambiental. La investigación desarrollada en el Programa de Pos graduación de Urbanismo, PROURB/FAU/UFRJ, quiere facilitar la visualización del viento sobre maquetas urbanas y arquitectónicas. Este proceso práctico de aprendizaje complementa lo que fue aprendido en las clases, discutiendo los efectos del viento y las posibilidades de intervención en favor del edificio y del usuario. El Túnel de Viento está disponible para presentaciones a grupos de alumnos, que posteriormente pueden llevar sus propias maquetas para realizar experimentos. Los visitantes son invitados a llenar cuestionarios para mejorar el proceso de presentación, revisión de la metodología y desarrollo de nuevos experimentos. Este trabajo tiene efectos a corto, medio y largo plazo, ya que el conocimiento adquirido puede ser colocado en práctica en la universidad y en la futura vida profesional.

Palabras clave: túnel de viento, simulaciones experimentales, ventilación, confort ambiental, enseñanza de Arquitectura y Urbanismo.

INTRODUCCIÓN

La adecuación del proyecto al lugar es una necesidad reconocida, y con esa finalidad es necesario el desarrollo de instrumentos de auxilio a las decisiones de proyecto. Las acciones que estimulen el entendimiento de lo que ocurre en términos de ventilación en espacios arquitectónicos y urbanos son de suma importancia cuando se desea trabajar pensando en el confort ambiental y térmico de los usuarios de los espacios.

La comprensión de la importancia y de la posibilidad de interferir en la ventilación de los ambientes a través de intervenciones en el proyecto de arquitectura y en la morfología urbana puede contribuir para el planeamiento de los espacios arquitectónicos y urbanos con una mayor calidad de confort para los usuarios. Para eso es importante la observación del campo de viento y la identificación de las áreas más ventiladas, bien como de las que presentan una ventilación pobre.

Muchas veces intervenciones de ejecución simple pueden resultar en mejoras importantes en el confort ambiental. Preocupaciones con la localización de las aberturas en los proyectos de arquitectura permiten la adecuación del proyecto a las condiciones del lugar seleccionando arreglos que privilegian el confort térmico de los usuarios, minimizando los gastos de energía para ventilación mecánica. La evaluación de diferentes formas de ocupación en los lotes y de los otros elementos de la morfología urbana refleja el cuidado con la ocupación urbana y auxilia en la identificación de áreas donde hay poca ventilación natural. Esta acción puede ser seguida de un estudio relacionado con la radiación solar, lo que permite evaluar la posibilidad de formación de islas de calor.

De esta manera, el Túnel de Viento es una herramienta proyectual fundamental para el uso inteligente del viento en edificaciones y espacios urbanos, contribuyendo con la formación de los alumnos frente a las mudanzas en la forma de construir, habitar y vivir.

La investigación en el PROURB de la FAU/UFRJ, usando el Túnel de Viento, tiene por objetivo el desarrollo de experimentos que faciliten la visualización de las trayectorias del viento en maquetas urbanas y arquitectónicas (Drach y Corbella, 2010). Incluye también la elaboración de material didáctico que propicie una percepción más inmediata, a través de la visualización de las trayectorias del viento, atendiendo a las necesidades de estudiantes y profesionales de áreas de conocimiento cuya formación esté pautada en el entendimiento visual del espacio. La construcción de una “biblioteca de experimentos” complementa el proceso de aprendizaje, indicando la necesidad de intervenciones en los espacios arquitectónicos y urbanos.

Este proceso práctico de aprendizaje complementa lo que fue aprendido en las clases, revelando a los alumnos - observadores, los efectos del viento y las posibilidades de su uso inteligente en favor de la edificación y del usuario. El Laboratorio del Túnel de Viento está disponible para profesores de la FAU, con la presentación de los experimentos para grupos de alumnos, que posteriormente pueden llevar sus propias maquetas para verificar en el Túnel.

Finalizados los experimentos, los visitantes son invitados a llenar un cuestionario cuyas respuestas permiten mejorar el proceso de presentación, revisión de la metodología y desarrollo de nuevos experimentos. Este trabajo tiene efectos a corto, medio y largo plazo, ya que el conocimiento adquirido puede ser colocado en práctica en la universidad y en la futura vida profesional.

TÚNEL DE VIENTO

El túnel de viento de la FAU/UFRJ – TV es una herramienta experimental que permite entender la interacción del flujo del viento con las edificaciones y su entorno, a través de la utilización de varias técnicas de visualización. Las Figuras 1 y 2 presentan, respectivamente, la planta baja y la vista lateral del TV/FAU. En la Figura 2b se puede observar en detalle el sector de cajones visto sin la puerta de acceso (imágenes adaptadas del Proyecto del Túnel de Viento FAU/UFRJ, 2005). El túnel fue diseñado por el Laboratorio de Aerodinámica de las Construcciones – LAC/DECIV/PPGEC – UFRGS en 2005. Fue montado en una sala de 8,80m x 7,60m, en el piso térreo de la FAU-UFRJ, siendo capaz de desarrollar velocidades superiores a 10 m/s, apropiadas para a realización de ensayos de erosión eólica (Corbella et al., 2007).

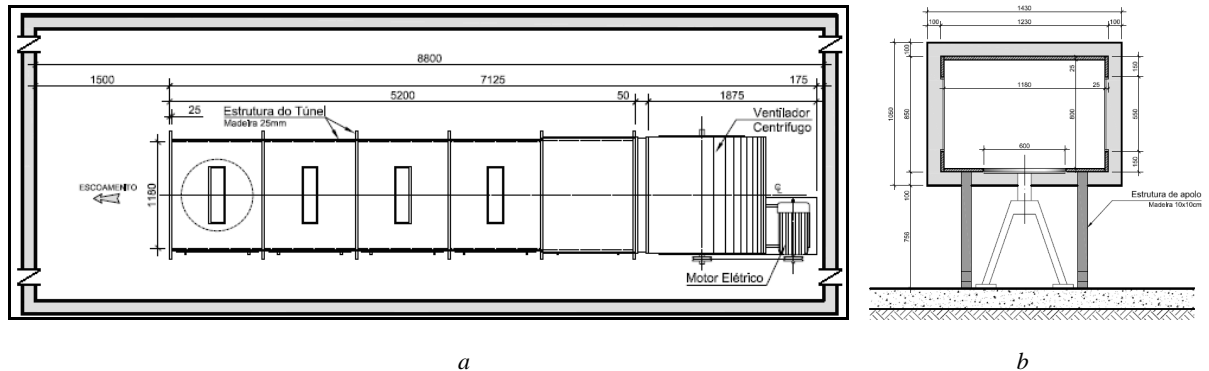


Figura 1: Planta baja (a) y corte (b) del túnel de viento de la FAU/UFRJ (números en mm) – Figura adaptada del Proyecto del Túnel de Viento - FAU/UFRJ, 2005.

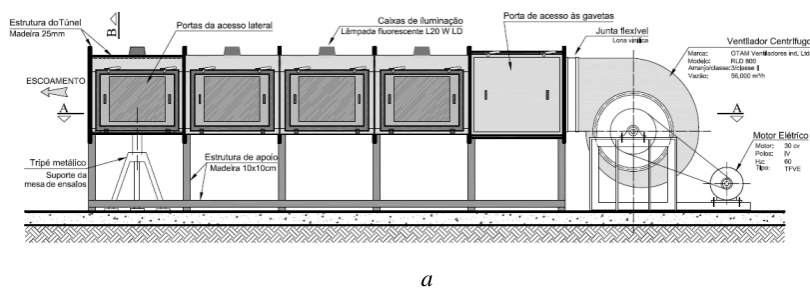


Figura 2: Vista lateral del túnel de viento de la FAU/UFRJ (a) y detalle del sector de cajones (gavetas) visto sin la puerta de acceso (b). Figura adaptada del Proyecto del Túnel de Viento FAU/UFRJ, 2005.

En las Figuras 3a y 3b se presentan imágenes fotográficas de la vista lateral y de la vista frontal del TV de la FAU/UFRJ, donde se puede observar la mesa de ensayos, que posee un mecanismo giratorio, permitiendo que los modelos reducidos sean colocados de forma adecuada con relación a la dirección del viento que se desea evaluar. En el proyecto de un túnel de viento de capa límite se desea que al menos una parte del flujo se desarrolle sobre cubrimientos mínimos de diferentes tipos de rugosidad. Por eso, el desarrollo del flujo se da a través de una larga superficie rugosa. En las fotografías de las Figuras 3c y 3d se observan los obstáculos llamados “generadores de turbulencias”, con forma de aletas de tiburón (Figura 3c) y la superficie rugosa sobre la que el flujo se desenvuelve antes de llegar a la mesa de experimentos.

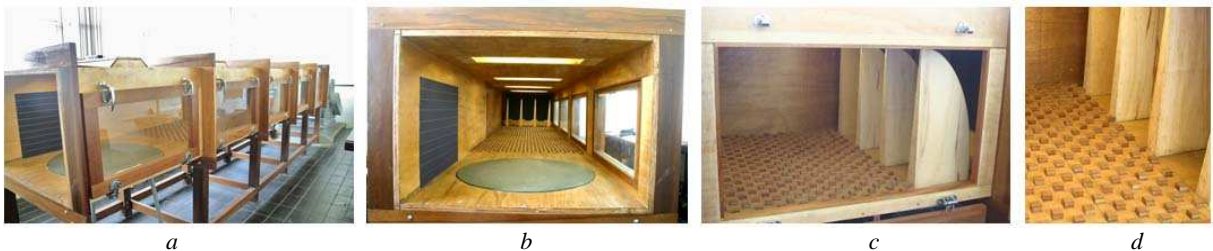


Figura 3: Vista lateral (a) y frontal (b) del túnel de viento. Obstáculos generadores de turbulencias (c) y superficie rugosa (d) del túnel de viento de la FAU/UFRJ.

OBJETIVOS

El objetivo de la investigación aquí presentada es el desarrollo de experimentos que faciliten la visualización de los caminos del viento sobre maquetas urbanas y arquitectónicas, para alumnos del curso de grado de Arquitectura y Urbanismo da FAU/UFRJ.

En el desarrollo del trabajo surgen los objetivos secundarios y otras metas que tienen la intención de complementar las actividades, agregar conocimiento al grupo y mayor eficiencia en los experimentos. Entre ellos: la elaboración de material

didáctico, que incluye ensayos constantes con nuevos materiales en una tentativa de perfeccionar las maquetas; la reparación y la construcción de nuevas maquetas; el registro de los experimentos por medio de imágenes y videos para la construcción de una “biblioteca de experimentos” y la divulgación del uso del túnel de viento y de los estudios de caso con alumnos.

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El Túnel de Viento está disponible para los alumnos y profesores de la FAU/UFRJ; sin embargo, algunas orientaciones y restricciones, como las listadas a continuación, son necesarias para el buen desarrollo de los experimentos:

- * 1 - La visita al Túnel está acompañada por un ayudante alumno de la investigación del Túnel de Viento;
- * 2 - Las maquetas deben ser confeccionadas respetando las dimensiones de la mesa de ensayos y altura del Túnel (800 mm). En la determinación de la escala debe ser tomada en cuenta la definición del área de interés para la investigación y la adecuación de la maqueta a la mesa de ensayos; por ejemplo, para ensayos urbanos, las estructuras más altas deben tener alturas alrededor de 150 mm y las más bajas alrededor de 30 mm.
- * 3 - Los alumnos precisan investigar los vientos dominantes en el local del experimento;
- * 4 - Para que las maquetas permitan la visualización clara de los efectos de los vientos, los ayudantes orientan acerca de la elección de los materiales adecuados, como por ejemplo, utilizar un color oscuro en la base de la maqueta, en el caso de uso de arena clara, y trabajar con materiales resistentes a los efectos del viento. Maquetas muy frágiles tienen poca resistencia y se dañan rápidamente.
- * 5 - Es importante que el Norte y la dirección de los vientos dominantes estén marcados en la maqueta y en una planta para que los alumnos puedan verificar y también para facilitar la identificación de la posición de las fotografías;
- * 6 - Los experimentos siempre pueden ser seguidos por alumnos y profesores;
- * 7 - Se recomienda que los alumnos lleven cámaras para fotografiar y registrar el experimento y sus resultados.

Después de observadas estas recomendaciones la maqueta puede ser preparada para el experimento seleccionado. El caso presentado a seguir trata de un estudio de un área urbana, situada entre los barrios de Santo Cristo y de Gamboa, en la zona portuaria de la ciudad brasileña de Rio de Janeiro – Morro da Providência. Esta región conocida inicialmente como “Favela da Providência”, introdujo la utilización del término “favela” de una forma general para indicar este tipo de asentamiento. La técnica de visualización adoptada en este caso es la de arrastre de arena.

EROSIÓN EÓLICA – “ARRASTRE DE ARENA”

La técnica de erosión eólica o de “arrastre de arena” ayuda a entender los caminos que el viento realiza en el medio urbano, como también sus posibles entradas y barreras. A través de esta técnica es posible observar, en el nivel del peatón, zonas ventiladas o estancadas, en función de los vientos dominantes. El estudio de las zonas donde la arena se acumula, combinado con el estudio de la insolación, permite identificar posibles islas de calor, así como zonas con concentración de polución.

La técnica del “arrastre de arena” consiste en aplicar arena seleccionada sobre todas las superficies expuestas de la maqueta y, a continuación, accionar el túnel de viento. Para las experiencias con la técnica de arrastre de arena fueron realizados experimentos para la definición del material a ser utilizado. En el primer ensayo del túnel de viento con una maqueta urbana fue utilizada arena de granulometría 0,03 mm, pero ésta no presentó dislocamientos significativos, ni siquiera con la velocidad más alta. Nuevos ensayos fueron realizados con otros materiales: arcilla (#0,0075mm); arena (#0,0075mm); un nuevo ensayo con arena más gruesa (#0,015mm), talco y cemento. Evaluando las ventajas e inconvenientes de cada material con relación a la concepción de las instalaciones del túnel se adoptó la arena de granulometría menor (#0,0075mm), una arena clara y fina obtenida usando tamices (Drach y Corbella, 2010).

A partir de los experimentos realizados y de la identificación de eventuales puntos críticos es posible señalar y ensayar intervenciones que ayuden a adecuar la necesidad de confort y de espacio urbano. Las posibles interferencias que pueden ser sugeridas para las áreas estancadas varían de acuerdo con la región climática donde están localizadas. Por ejemplo, en regiones de clima cálido húmedo, se sabe que se debe inducir una mayor ventilación. Así, las alteraciones de la forma y de las posiciones de obstáculos, que permitan el re-direccionamiento del viento, pueden ser estudiadas para inducir un incremento de ventilación, contando también con las sombras para amenizar el problema y evitar la formación de islas de calor.

Para el caso de regiones de clima caliente seco, además de ventilar y sombrear se pueden adoptar espejos de agua, fuentes etc. que disminuyen la temperatura a través de la humidificación del aire. Para las regiones de clima frío, las áreas poco ventiladas son áreas protegidas contra el viento frío, y por tanto pudiendo ser definidas como zonas de posible confort.

INSERCIÓN DEL TÚNEL EN EL PLAN DE ESTUDIO DE GRADO DE LA FAU-UFRJ

El Túnel de Viento se inserta en el plan de estudios de grado de la FAU-UFRJ principalmente en las disciplinas de Confort Ambiental y como auxiliar en las disciplinas de Proyectos Arquitectónico y Urbano, pero de verdad su utilización puede y debería ocurrir a lo largo de todo el curso. En las disciplinas del grupo de Confort Ambiental, el Túnel de Viento complementa la enseñanza de la dinámica de los vientos actuando como herramienta para entender y visualizar los efectos de los vientos en la ciudad y en los edificios. Su disponibilidad para los profesores de Confort Ambiental, junto con un ayudante del propio laboratorio de investigación, permite que las clases salgan de la rutina de costumbre para un ambiente en el cual acontecen conferencias y experimentos integrados al contenido estudiado en la disciplina. La dinámica de las disciplinas de Trabajo Integrado I e II apunta a una mejor evaluación de las reales posibilidades y de la eficacia de esta herramienta. El Trabajo Integrado I e II agrega el conjunto de disciplinas necesarias para desarrollar un proyecto completo, comprendiendo los aspectos de arquitectura, urbanismo, paisajismo, medio ambiente, estructuras, infraestructura e historia. Actualmente el

Laboratorio del Túnel de Viento registra los resultados positivos del trabajo desarrollado a lo largo del tiempo, a través del retorno de grupos de alumnos interesados en ensayar sus maquetas.

ESTUDIO DE CASO: EL TRABAJO INTEGRADO Y EL TEMA

El caso que aquí se presenta trata del estudio de la ventilación para la posible ocupación de áreas localizadas en el “Morro da Providência”. Este fue el tema de la asignatura Trabajo Integrado II – TII (2010) y los alumnos, Frederico Mouzer, Sergio Santana y Carolina Santos, de esa asignatura, buscaron el Laboratorio del Túnel de Viento para probar posibles formas de ocupación a partir de los resultados observados.

El experimento del grupo de Trabajo Integrado II estaba enfocado en el desarrollo de espacios urbanos no ocupados, localizados en el “Morro da Providência”, de forma sustentable, adecuando el proyecto al lugar. El estudio del grupo se restringió a los cráteres resultantes de antiguas pedreras existentes en el lugar. La idea del proyecto era colocar una serie de equipamientos arquitectónicos y urbanos en los cráteres, y el equipo del Túnel de Viento entró en el trabajo en ese momento, orientando el análisis térmico y eólico del local, para estudiar los efectos de los vientos en los lugares de implantación de las edificaciones. Las Figuras 4 y 5 muestran la región de estudio y también, de forma más detallada, la posición de los cráteres.

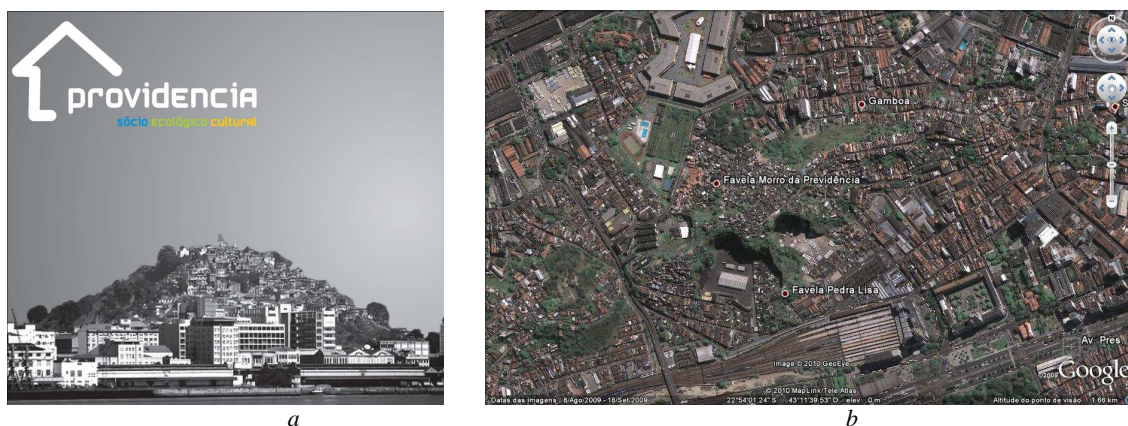


Figura 4: Área del Centro con el Morro da Providência. Vientos dominantes: Noreste e Sudoeste.

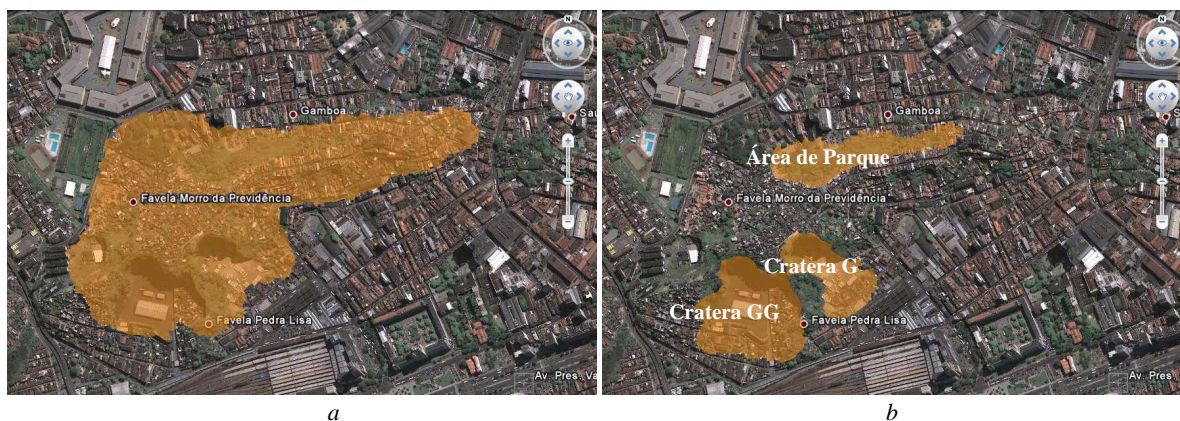


Figura 5: Imagen del Morro da Providência con sus cráteres (crateras) y su área no habitada destacadas (a) e imagen sólo con la indicación de los tres cráteres: denominados Área de Parque, Cráter G y Cráter GG (b).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como resultados esperados del trabajo desarrollado por el Laboratorio del Túnel de Viento están el mejor entendimiento de los efectos del viento por parte de los alumnos y de su capacidad de intervención en proyectos arquitectónicos y urbanos, buscando las configuraciones que respondan a la adecuación del proyecto al lugar. Al invertir en la complementación de la formación de esos alumnos, con actividades prácticas, se pretende mostrar que muchas veces soluciones simples o de simple ejecución pueden resultar en mejoras substanciales en proyectos arquitectónicos o urbanos. La actividad contribuyó también para la concientización ambiental sustentable, debido a que es posible mitigar la formación de islas de calor a través del incremento de la ventilación y, todavía, disminuir el uso de aire acondicionado y los índices de polución, reduciendo, por tanto, el impacto ambiental.

Se realizó el estudio de la ventilación en la zona de los tres cráteres, para los vientos noreste y sudeste, para determinar la calidad de la ventilación y efectuar un estudio posterior de insolación con la utilización del Heliodón (FAU/UFRJ). Los

resultados se presentan para el cráter “G” (Figura 6), el cráter “GG” (Figura 7) y el Área de Parque (Figura 8), para los vientos noreste (a) y sudeste (b).

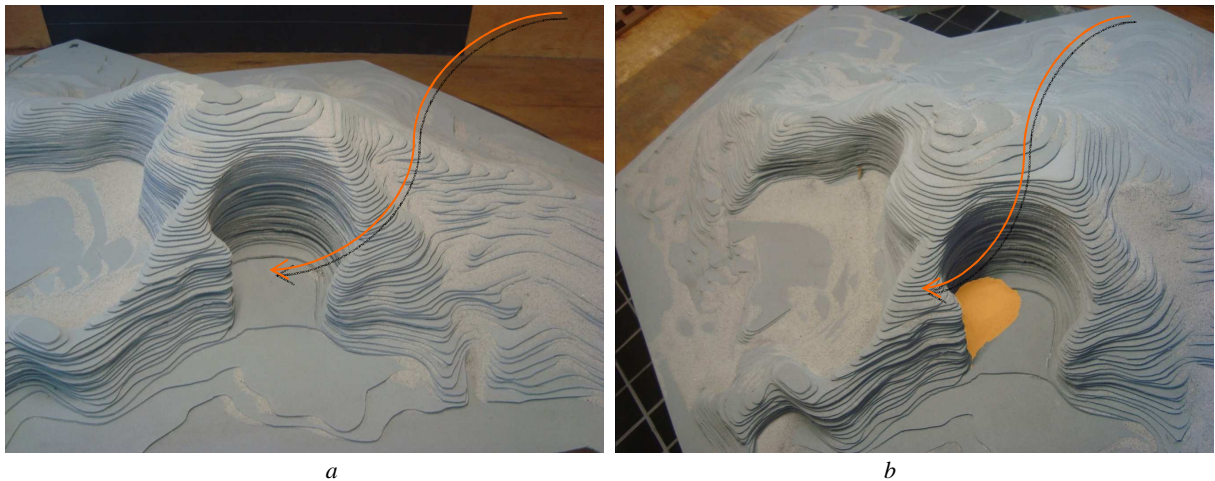


Figura 6: Cráter “G”: Viento Noreste (a) y Viento Sudeste (b).

Los resultados para el Cráter “G” del viento noreste permiten observar la eficiencia de la ventilación en la región, dato bastante animador e importante en una ciudad de clima tropical como la de Río de Janeiro. Por el contrario, los resultados obtenidos para el viento sudeste muestran acumulación de arena en parte del área, que también será evaluada en el Heliodón.

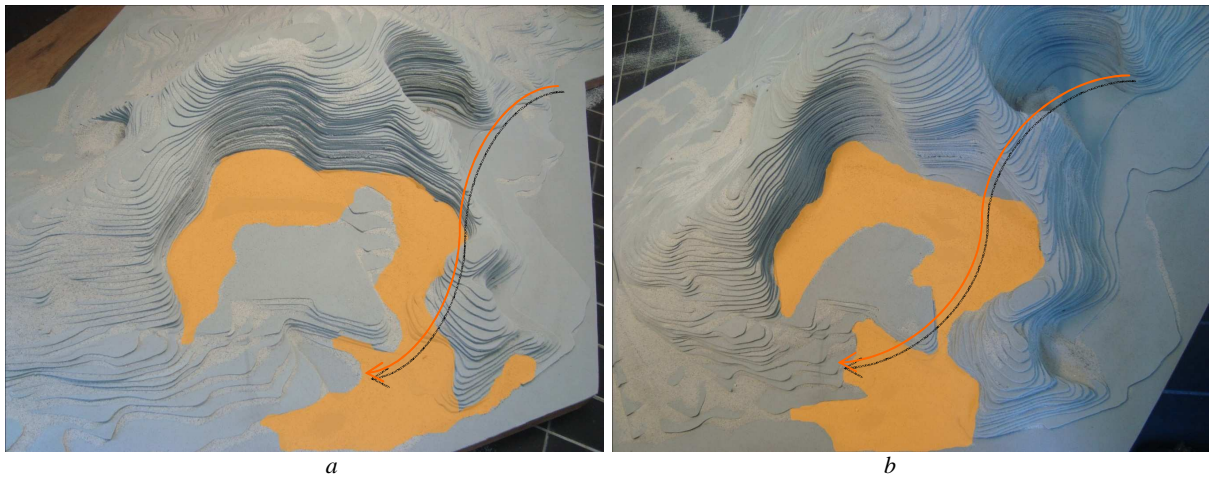


Figura 7: Cráter “GG”: Viento Noreste (a) y Viento Sudeste (b).

En el Cráter “GG” se observa, para los dos vientos definidos, que la región presenta una débil ventilación, resultando en una importante acumulación de arena. El escenario observado para el viento noreste (a) presenta una configuración diferente de la observada con el viento sudeste (b), pero de alcance semejante. El Cráter “GG” también fue observado en el Heliodón.

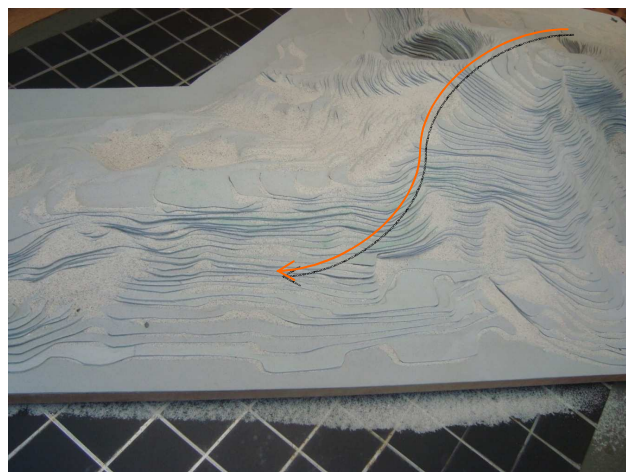


Figura 8: Área de Parque: Viento Noreste y Viento Sudeste.

Los resultados para el Área del Parque no presentaron vestigios importantes de rastros de arena, para las dos direcciones del viento. La región por tanto, parece ser bien ventilada.

Los Cráteres “G” e “GG” fueron analizados con el uso del Heliodón y mostrados en las Figuras 9 y 10, para los solsticios de verano e invierno, respectivamente. Las fotografías mostradas fueron tomadas en el mediodía solar.

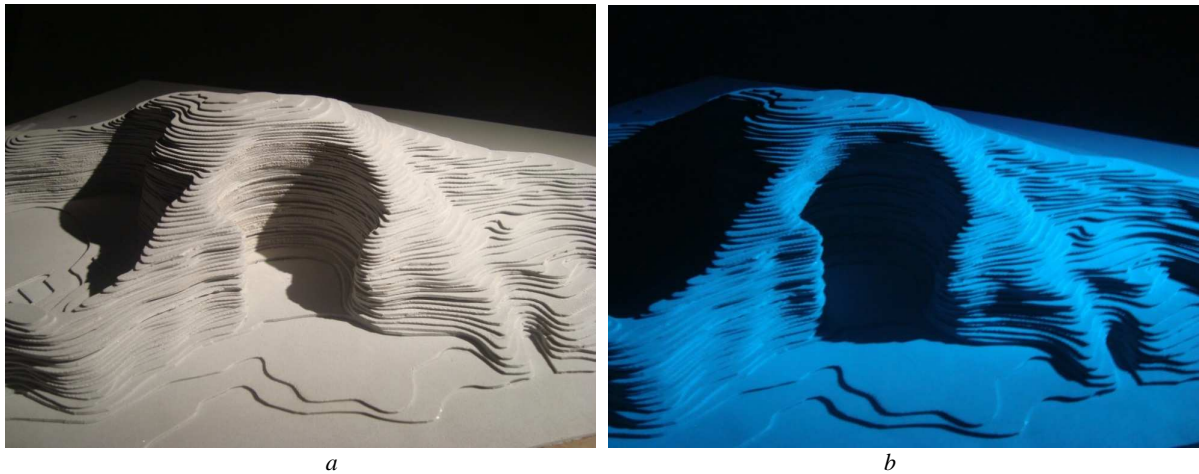


Figura 9: Cráter “G”: Solsticio de Verano (a) y Solsticio de Invierno (b).

A partir de los resultados obtenidos con el viento sudeste (Figura 6 b) se puede notar que en el verano la región poco ventilada recibe una intensa insolación lo que debe representar una situación a ser tratada con cautela, intentando reducir la insolación o intervenir para promover mejor ventilación.

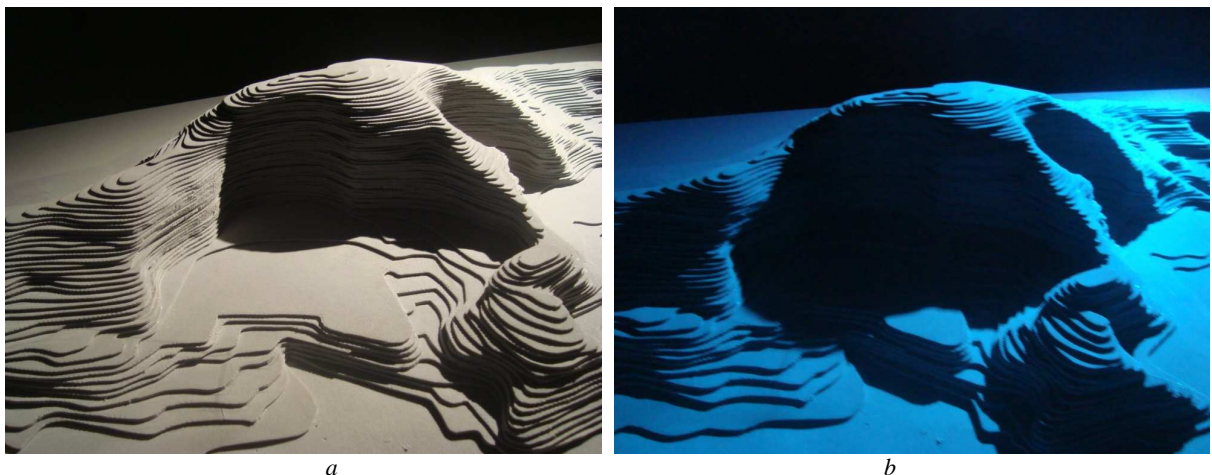


Figura 10: Cráter “GG”: Solsticio de Verano (a) y Solsticio de Invierno (b).

En el caso del Cráter “GG”, para las dos direcciones del viento, la situación observada para el Cráter “G” con el viento sudeste, se repite en el verano, indicando la necesidad de evaluar posibles intervenciones en el área, de manera de promover el sombreado, cuando sea necesario, e incrementar la ventilación.

Los cuestionarios objetivos aplicados después de las experiencias en el Túnel de Viento son analizados y transformados en resultados para inferir la relevancia de los experimentos para la comprensión, por los alumnos, de los caminos del viento. La gran mayoría de los alumnos no tenía la menor idea de las posibilidades de trabajar con el Túnel de Viento como herramienta proyectual y, es más, quedó sorprendida con la posibilidad de visualizar e interferir directamente en la ventilación de los espacios arquitectónicos y urbanos.

De acuerdo con las investigaciones realizadas, gran parte de los alumnos consideró importante el aporte de esta herramienta para entender sobre las cuestiones del viento y sus efectos, y algunos retornan para hacer experimentos con sus propias maquetas. También fueron realizados experimentos individuales con el auxilio de ayudantes, con alumnos de intercambio, donde fueron testeadas maquetas urbanas para visualización de los efectos del viento en Río de Janeiro. Las Figuras 11 y 12 muestran dos ejemplos de cuestiones que se plantean a través de la aplicación del cuestionario.

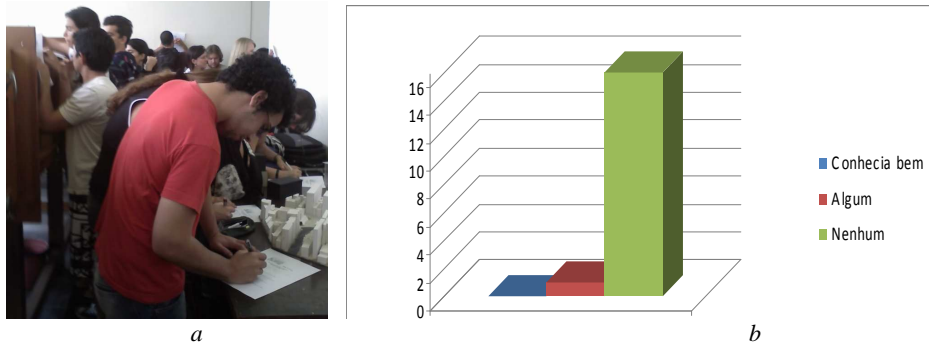


Figura 11: Alumnos en el Laboratorio del Túnel de Viento (a) y gráfico relacionado con la pregunta: Usted ya tenía algún conocimiento sobre experimentos en Túnel de Viento? (b).

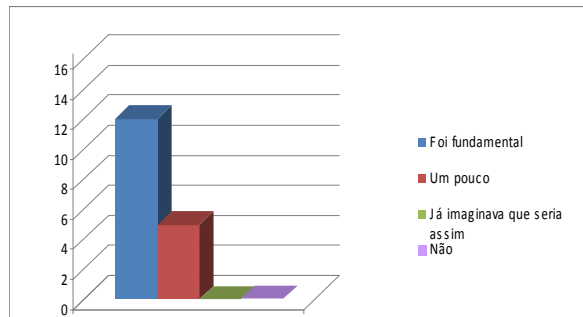


Figura 12: Respuesta sobre la pregunta: La visita al Túnel de Viento alteró su percepción sobre los caminos que el viento puede seguir?

En 2011 fueron realizados experimentos verificando la ventilación natural en la región portuaria de Rio de Janeiro, que está siendo alterada debido al inicio de la implantación del proyecto “Porto Maravilha”, lo que nos permite comparar la distribución arquitectónica actual con a futura, probando posibles implantaciones para la región.

CONCLUSIONES

La utilización del Túnel de Viento como herramienta proyectual es fundamental para el aprendizaje del uso inteligente del viento en las edificaciones y en los espacios urbanos.

Los experimentos fueron realizados en el Túnel de Viento de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad Federal do Rio de Janeiro – FAU/UFRJ, teniendo como metas responder a los objetivos de producir una documentación de fácil visualización, de los caminos seguidos por el viento en los espacios arquitectónicos y urbanos.

Archivos de imágenes fotográficas y de películas y vídeos conteniendo los experimentos desarrollados pudieron ser producidos, que pueden resultar de grande ayuda en clases y conferencias. Experimentos con configuraciones diferentes pueden ser testeados para plazas y también para manzanas prestando un retorno de los ajustes más adecuados para cada local. Estos archivos pueden funcionar como “guías iniciales” para algunas situaciones de proyecto.

Resultados positivos de la investigación con el túnel de viento pudieron ser observados inmediatamente después de los primeros experimentos. Sus efectos pueden también ser observados en sus consecuencias a corto, medio y largo plazo, en la medida que los alumnos hayan aprendido sobre el tema en las clases teóricas, y en una segunda etapa, reafirmen sus conocimientos con esta herramienta visual y, posteriormente, este mayor conocimiento adquirido pueda ser colocado en práctica en la universidad y en su vida profesional.

AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen el apoyo del CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico del Brasil). Los autores quieren también agradecer a los alumnos de la asignatura “Trabalho Integrado I (2010)”: Frederico Mouzer, Sergio Santana y Carolina Santos, por su trabajo.

REFERENCIAS

- Corbella, O. D. y Loredo-Souza, A. M. y Paluch, M. J. (2007). Apresentação do Túnel de Vento da FAU/UFRJ. In: IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto: ANTAC.
- Drach, P. R. C. y Corbella, O. D. (2010). Desenvolvimento de experimentos didáticos para visualização em túnel de vento In: 3º Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável - SB2010, 2010, São Paulo. 3º Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável - SB2010.
- Loredo-Souza, A. M. y Paluch, M. J. (2005). Projeto do Túnel de Vento FAU – UFRJ. 2005, Laboratório de Aerodinâmica das Construções – LAC - DECIV/PPGEC – UFRGS, Porto Alegre, RS.

ABSTRACT: The wind tunnel is a fundamental design tool for the intelligent use of wind in buildings and urban spaces, directing to ambient comfort. Research carried out in the Program for Graduate Studies of Urbanism, PROURB/FAU/UFRJ, aims to facilitate the trajectories of the wind visualization on urban and architectural models. This practical learning process, complemented what was learned in the classrooms, revealing to the observers the effects of the wind and the possibilities of intervention in favour of the building and the user. The wind tunnel is available for presentations to groups of students, who may carry their own demos for experiments. Visitors are invited to complete a questionnaire to contribute to improve the process of presentation, revision of the methodology and development of new experiments. This work has short, medium and long term effects since the acquired knowledge can be placed in practice in the University and future professional life.

Keywords: wind tunnel, experimental simulations, ventilation, environmental comfort, teaching of Architecture and Urbanism.