

LA ENSEÑANZA DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES: UNA ABORDAJE BASADA EN EL USO DE RECURSOS COMPUTACIONALES

Ricardo Villarroel Dávalos

Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL – GSCI - GPSIG

Campus Universitário – Grande Florianópolis

Ponte Imaruim – 88130-000 – Palhoça - SC - Brasil

E-mail: rdavalos @unisul.br

RESUMEN

La Investigación de Operaciones (IO) se usa en una grande parte de las carreras de administración, ingeniería e informática, y su enseñanza se torna muy variada, resultando difícil para los docentes attingir de una forma satisfactoria todos los asuntos considerados en ella. El objetivo principal de este artículo es evaluar algunas experiencias para dar apoyo a la enseñanza de IO en la Universidad del Sur de Santa Catarina - Unisul, basados en el uso de recursos computacionales, tal como, planillas de cálculo, lenguajes de programación, paquetes específicos e investigaciones en la *Internet*. Además, para verificar las mejorías alcanzadas en la enseñanza, serán comentadas algunas aplicaciones realizadas por los alumnos. Las principales contribuciones de este trabajo están relacionadas al uso adecuado de estos recursos, siendo que estas prácticas presentaron buenos resultados en la enseñanza, como motivación y participación efectiva de los alumnos.

Palabras clave: Aplicaciones, Enseñanza, Investigación de Operaciones

1.0 INTRODUCCIÓN

Un estudio típico de Investigación de Operaciones (IO) agrega, en su teoría, cuatro ciencias fundamentales para el proceso del análisis y preparación de una decisión: economía, matemática, estadística e informática. Existe una gran variedad de aplicaciones en diferentes industrias, como por ejemplo, aviación y proyectiles, automóviles, comunicaciones, informática, energía eléctrica, electrónica, alimentos, metalúrgica, papel, petróleo, transporte, etc. Las instituciones financieras y de negocio, las agencias gubernamentales y los hospitales, vienen también manifestando mayor interés en su aplicación, siendo que posee como característica importante, facilitar el proceso de tomada de decisión racional en problemas complejos.

La IO es considerada como una ciencia aplicada cuyo objetivo es mejorar el desempeño de las organizaciones, o sea, en sistemas productivos, recursos materiales, financieros, humanos y ambientales (los llamados “medios de producción”). Trabaja mediante una formulación de modelos matemáticos para ser resueltos con el auxilio de recursos computacionales, haciéndose luego el análisis y la implementación de las soluciones encontradas. De esta manera, la técnica de solución es precedida por la construcción de modelos, y sus resultados están sujetos a un análisis de sensibilidad.

La construcción de modelos tiene mucho de arte y exige el desarrollo de una capacidad de interacción con el problema, agentes, escasez de recursos y ambiente. De esta forma, un modelo matemático representa una simplificación y difícilmente puede tener en cuenta muchos aspectos no cuantificables que aparecen en el examen del problema y por este motivo el análisis de sensibilidad debe ser realizado para evaluar su significado y su influencia. Finalmente, la implementación de la decisión relata el contacto con la realidad del problema y el medio en el cual se encuentra inserido.

Los modelos, dependiendo de su naturaleza, pueden ser resueltos por métodos y técnicas matemáticas específicas. Algunas de estas técnicas son: Programación lineal, Programación Dinámica, Programación Entera, Teoría de Inventarios, Teoría de Colas, Simulación, Teoría de Juegos, Teoría de Grafos, Planeamiento con PERT/CPM, Análisis de Riesgo, etc (RAO, 1996).

El campo de actuación de la IO se extiende desde la producción de materias-primas y bienes de consumo al sector de servicios, y para las aplicaciones de interés social como el relacionado a la salud, educación, psicología, sociología, en lo que involucra a modelos organizacionales y descriptivos. Es importante destacar que esta multiplicidad de aplicaciones apunta para la necesidad de evitar la estrechez de las áreas de actuación de las carreras.

La IO es utilizada en una grande parte de las carreras de administración, ingeniería e informática, y su enseñanza se vuelve muy variada, siendo difícil para los docentes alcanzar todos los asuntos en ella considerados, de una manera satisfactoria. Cuando se habla sobre su enseñanza, la atención se vuelve, principalmente, para la construcción de modelos, solución y análisis de problemas decisorios, siendo que un estudio de caso basado en IO corresponde a la realización de experimentos numéricos con modelos lógico-matemáticos. Estos experimentos generalmente envuelven un gran volumen de cálculos repetitivos, haciéndose necesario el uso intensivo de la computadora.

En la enseñanza de IO, se torna necesario el empleo de un conjunto de fórmulas y técnicas matemáticas que, si no son ilustradas de una manera aplicada en estudios de caso con características reales, se corre el riesgo de que el alcance no sea entendido por los alumnos.

De la literatura existente, aquella vuelta para la enseñanza, presenta una gran variedad de ejemplos, siendo que algunos se encuentran sin actualización, fuera del nuevo perfil que se viene aplicando en las carreras y sin apoyo a la enseñanza de IO a través del uso de recursos computacionales. Si por un lado, el uso de paquetes con interfaces gráficas, cada vez más amigables, favorece a la enseñanza, cuando aplicados de manera crítica, para otro lado, el uso de éstos, sin una orientación teórica apropiada, puede perjudicar el alcance pretendido.

Este trabajo presenta algunas experiencias de la enseñanza de IO en la Unisul, basadas en el uso de recursos computacionales, como planillas de cálculo, leguajes de programación, paquetes específicos e investigaciones en la *Internet*. Además, serán evaluadas las mejorías alcanzadas en la enseñanza por medio de algunas aplicaciones con características reales realizadas por los alumnos.

2.0 LA ENSEÑANZA DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Educadores, pedagogos y sicólogos, hace tiempo proponen nuevos paradigmas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los estudios de Papert y la Teoría de Múltiples Inteligencias de Gardner, son dos ejemplos importantes de estos cambios. En esa nueva visión, el docente deja de ser el centro irradiador de conocimiento, pasando al alumno la responsabilidad de ser el centro de construcción de ese conocimiento.

En las carreras de administración, ingeniería y informática, es común el uso de prácticas de laboratorio y desarrollo de proyectos como forma de complementación del contenido teórico. Esas prácticas presentan buenos resultados porque atienden algunos principios como motivación, participación y personalización. El empleo de recursos computacionales en la enseñanza de IO, puede complementar algunas de esas prácticas y posibilitar la atención de los requisitos y conceptos aquí presentados, en que los objetivos son normalmente difíciles de ser alcanzados por los medios convencionales de enseñanza.

La enseñanza debe dar al alumno una gran visión de construcción de modelos, solución y análisis de problemas decisorios a partir de los conocimientos adquiridos en las materias de las carreras, como Cálculo, Economía, Probabilidad y Estadística, Lenguajes de Programación y aquellas que se destinan para dar la base teórica de los problemas y sistemas típicos, abarcados en la enseñanza.

Dado la naturaleza variada y multidisciplinar de la IO, su enseñanza se torna obligatoria para las carreras de administración, ingeniería y informática de la Unisul y, de una manera general, el contenido básico abarcado considera el estudio de la Programación Lineal, Simulación de Sistemas, Gerencia de Proyectos y otras específicamente definidas por la carrera (Teoría de Inventarios, Grafos, Teoría de Juegos, Riesgo, etc).

Dependiendo de las carreras, su enseñanza puede darse en una materia que es considerada una introducción básica o también puede enseñarse en hasta tres materias, siendo que su contenido está basado en ejemplos y estudios de casos adecuados con el perfil emprendedor y innovador de las carreras, haciéndose uso intenso de recursos computacionales.

Los programas de enseñanza propuestos para las carreras donde es ministrada la IO, presentan una metodología que está definida por clases expositivas, seminarios, trabajos de la investigación, ejercicios teóricos y prácticos, así como la atención personalizada a los alumnos.

El contenido programático general de la de la enseñanza de IO en las diferentes carreras es definido conforme el proyecto pedagógico de la Universidad, donde son consideradas las necesidades de actualización, buena formación teórico-académica y evolución gradual para enfoques aplicados y específicos, conduciendo naturalmente, al establecimiento de los siguientes Bloques:

Base teórica

Los tópicos presentados a seguir, tienen para el objetivo proporcionar al alumno una revisión de conceptos generales adecuados para la carrera:

- conceptos básicos;
- formulación de problemas;
- construcción de modelos;
- principales métodos e técnicas matemáticas;
- obtenção de soluções a partir de modelos y
- análisis de sensibilidad.

En este Bloque, se da gran importancia a la teoría y al uso de los principios en la aplicación práctica de sistemas reales.

Uso de los recursos computacionales

Este Bloque tiene por objetivo dar al alumno una visión general sobre el uso de los recursos computacionales utilizados en la IO y proporcionar aplicaciones de los conceptos estudiados en el Bloque anterior. A seguir son presentados los principales tópicos abarcados:

- uso de planillas de cálculo;
- implementación de modelos por medio de lenguajes de programación (C++, Delphi y Pascal);
- uso de paquetes específicos;
- uso de programas desarrollados por el docente y alumnos y
- uso de otros recursos computacionales disponibles en la *internet*.

Mediante estudios de caso de varios ejemplos adecuados para las carreras, son aplicados recursos computacionales aquí para dar apoyo a la enseñanza de IO.

Aplicaciones reales e investigación

Este Bloque presenta a seguir un estudio de las aplicaciones de IO que se vienen realizando en sistemas reales y la forma de implementar sistemas con características reales en los paquetes:

- investigación de aplicaciones de sistemas reales;
- experiencias relatadas por el docente;
- visitas técnicas realizadas a las empresas y
- proyecto de implementación de un sistema con características reales en los paquetes establecidos.

En este último Bloque, la participación del alumno es importante y el proyecto final es orientado con mucho criterio por el docente. Se verifican las habilidades de construcción de modelos y análisis de los problemas decisorios.

3.0 RECURSOS COMPUTACIONALES UTILIZADOS EN LA ENSEÑANZA DE IO

Conforme explicado anteriormente en los tres Bloques, la IO se enseña en las diferentes carreras de la Unisul. A seguir se describe el uso de los recursos computacionales en las materias de Programación Lineal, Simulación y Planeamiento con PERT/CPM, respectivamente. Como la enseñanza de la Teoría de inventarios, Grafos, Teoría de juegos, Riesgo, etc. depende específicamente de algunas carreras, este trabajo se limita a comentar las experiencias de enseñanza de las técnicas enseñadas en común, para las carreras en consideración.

PROGRAMACIÓN LINEAL

La enseñanza de Programación Lineal en la Unisul esta basada en la construcción de modelos y solución de problemas, y el uso de recursos computacionales para dar apoyo a esta enseñanza es básicamente definido por la utilización de planillas de cálculo, lenguajes de programación, paquetes específicos e investigación en la *internet*.

La Figura 1 ilustra la solución gráfica de Problemas de Programación Lineal (PPL) mediante el uso de planillas de cálculo. Las restricciones son consideradas inicialmente como ecuaciones y a éstas se atribuyen conjuntos de valores positivos, para luego representar estas ecuaciones en un gráfico. A seguir, el área del dominio de soluciones limitadas por las restricciones originales del problema es colorida y son medidos los puntos principales para dar solución al problema.

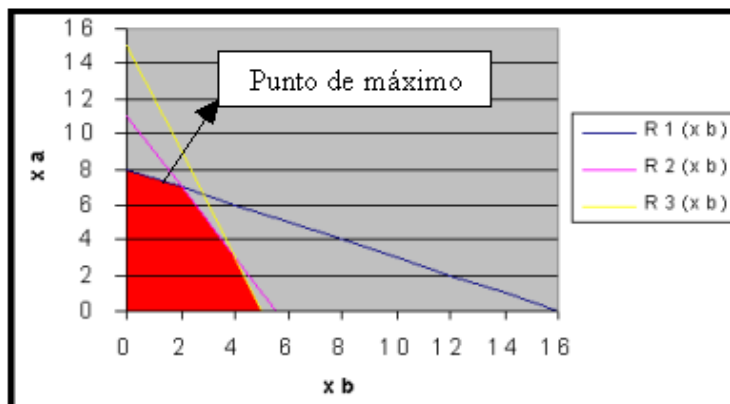


Figura 1 - Solución gráfica mediante planillas de cálculo

El procedimiento de solución gráfica a través de planillas de cálculo es muy simple y este procedimiento se torna un ejercicio importante para apoyar la comprensión del problema a ser solucionado. En este sentido, se recomienda también que, por lo menos un problema sea resuelto manualmente.

Los paquetes utilizados para dar solución al PPL pueden ser vistos como la conjunción de dos *softwares*, diferentes uno del otro y complementares en sus funciones. A seguir, son presentadas las características principales de estos programas (LACERDA y VASCONCELLOS, 1996):

- En el primero, la interface tiene la función básica de generar la matriz que representa el PPL, a partir de un formato que dependerá de la implementación, pudiendo ser una lenguaje de modelación algébrica, planillas de cálculo, etc. Los ambientes de trabajo de trabajo poseen instrumentos para la preparación de datos, análisis de los resultados, alteración y preparación de modelos.
- El segundo recibe como dato la matriz que representa el PPL con sus restricciones y función objetivo, aplica métodos de optimización (Simplex, Dual Simplex, Simplex Revisado, etc.), retornando os valores óptimos de las variables.

En la enseñanza de Programación Lineal, son utilizados aplicativos con ambientes de trabajo basados en planillas de cálculo (SOLVER) y lenguajes de modelación algébrica (LINDO). El uso de planillas no exige el conocimiento de álgebra, cálculo o incluso de una notación matemática tradicional, y el uso de lenguajes de modelación algébrica es familiar a los alumnos que tienen un mayor conocimiento de matemática.

La Figura 2 (a) ilustra la solución de un problema de transportes mediante el programa SOLVER que usa, como entrada de datos, la planilla de cálculo EXCEL. Las principales ventajas presentadas son la facilidad de comprensión, sin exigir el conocimiento de una lenguaje específica de programación, facilidad de alterar e incluir características al modelo, y la facilidad de importación y exportación de datos.

La Figura 2 (b) ilustra la solución de un PPL a través del programa LINDO. Este programa es de fácil comprensión y, puede presentar en detalle algunas características importantes de la solución del problema. Presenta dificultades para la inclusión de características al problema y en la importación y exportación de datos.

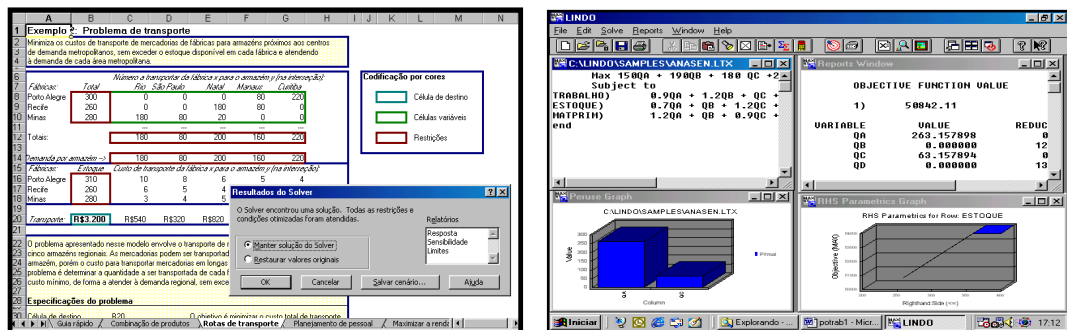


Figura 2 (a) y 2 (b) - Solución del PPL vía SOLVER y LINDO

Es importante enfatizar que los programas LINDO y SOLVER no son utilizados apenas para encontrar simplemente resultados, siendo que el uso de recursos contenidos en este, favorece la interpretación adecuada de los resultados, modificación de la solución por la alteración de algunos datos del problema (Análisis de Sensibilidad) y verificación de su robustez.

La Figura 3 presenta un programa elaborado por el docente y los alumnos para dar una solución iterativa al PPL, mediante el Método Simplex. El uso de este recurso sirve como base para mejorar la comprensión del proceso de solución.

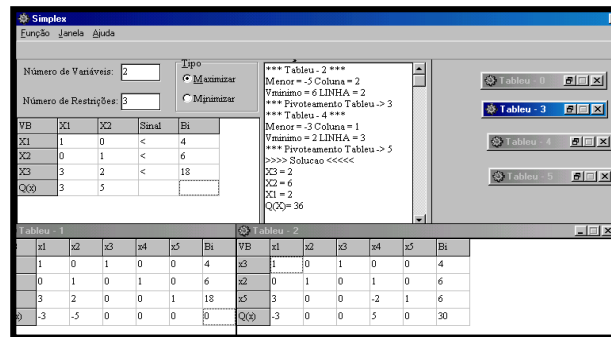


Figura 3 - Programa de apoio a la enseñanza del Método Simplex

Es importante investigar en la *internet* aplicaciones que se vienen realizando en diferentes sistemas y lugares, así como la existencia de otros programas disponibles. Se recomienda realizar debates críticos de estas investigaciones para tornar el aprendizaje más innovador y más adaptado a los objetivos de la carrera. Esta actividad puede implicar una mayor motivación de los alumnos para el uso de otros paquetes como MATLAB, WATH's BEST!, etc, también en conocer otras aplicaciones de Programación Lineal como el Análisis y Encapsulamiento de Datos (DEA) y su implementación mediante el uso de otros lenguajes de programación (VBA, Fortran, etc.).

SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

El uso de los recursos computacionales para dar apoyo a la enseñanza de simulación de sistemas en la Unisul es básicamente definido por la utilización de planillas de cálculo, lenguajes de programación, paquetes de simulación e investigaciones en la *internet* (VILLARROEL DÁVALOS, 2001).

La aplicación de planillas de cálculo en modelos con un y dos servidores en serie y paralelo, así como estudios aplicados a inventarios, establecen un mejor entendimiento de los conceptos básicos de simulación. La facilidad de uso de este recurso proporciona una mayor participación de los estudiantes hasta la constatación de las dificultades de construcción y alteración de lógicas más detalladas, siendo que las cuales son contornadas por el uso de lenguajes de programación. Así por ejemplo, la Figura 4 ilustra la simulación de colas de un banco considerando un número variable de cajas y tres tipos de clientes. La implementación de este programa sirve como base para una mejor comprensión de los principios estudiados y su uso posibilita la experimentación de diversas políticas de funcionamiento de las colas.

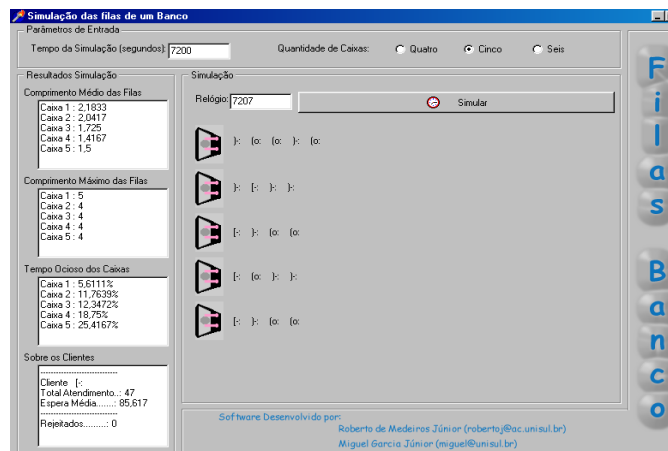


Figura 4 - Simulación de colas en un banco

Debido a su interface gráfica, recursos de la animación y la facilidad de construcción de modelos, el uso de paquetes específicos de simulación se traduce en gran motivación de los estudiantes en aprender y aplicar esta herramienta en sistemas que se estudian en el curso. En la enseñanza de simulación discreta considera una introducción al lenguaje de simulación ARENA, pudiendo usarse ampliamente en la construcción de modelos, programación y simulación de los varios ejemplos, ejercicios y estudios de casos propuestos.

PLANEAMIENTO CON PERT/CPM

Los métodos aplicados al Planeamiento y Control de Proyectos pueden ser considerados como herramientas de IO, siendo que los más importantes son el PERT (Técnica de Evaluación y Control de Proyectos) y CPM (Camino Crítico), existiendo otros que se basan en estos métodos, tales como, MPM (Método - Metra Potencial), GERT (Técnica de Evaluación y la Revisión Gráfica), LESS (Estimativa de Costo Mínimo), RAMPS (Distribución de Recursos), PMS (Sistema de Gerencia de Proyectos) y BKN (Método de Partes Complementarias).

La aplicación del método PERT cuando existen aspectos probabilísticos y del método CPM cuando existen aspectos determinísticos esta denominada con la sigla PERT/CPM, siendo esta técnica empleada con varias finalidades, tales como lanzamiento de un nuevo producto, construcción de un edificio, implantación de un programa de calidad, etc.,

La enseñanza de Planeamiento y Control de Proyectos en la Unisul esta basada en el estudio del método PERT/CPM e inicialmente son transmitidos conceptos básicos relativos a la Teoría de Grafos. Se definen los grafos dirigidos, arcos, vértices, predecesores, sucesores, caminos, red, caminos, etc.

Se da el nombre de Red de Planeamiento o Red PERT/CPM a la representación gráfica de un programa (grupo de tareas, duración, sus interdependencias y periodos), en la que se presenta una secuencia lógica de la planificación que busca alcanzar un objetivo.

Construyese una red usando un ejemplo adaptado para el curso y son discutidos los principios de una administración de proyectos, tales como, previsión, organización, ejecución, coordinación y control. También es importante responder preguntas como: cuales son los objetivos del proyecto y cuales son los resultados finales esperados.

Lo que se desea en una planificación es una estructura lógica de tareas para ser ejecutadas con sus interdependencias y sus duraciones normales de tiempo, posibilitando saber cual la duración mínima de la ejecución total planeada y, con relación a cada tarea, cual la fecha más apropiada para iniciarla y concluirla.

Después de haber entendido el objetivo del Planeamiento y Control de Proyectos por medio de un estudio de caso manual, es utilizado el programa MICROSOFT PROJECT 2000 para efectuar la planificación de ejemplos más completos. Así, por ejemplo, la Figura 5 ilustra el gráfico de Gantt, que presenta las duraciones de las varias tareas previstas y también ilustra el gráfico PERT que permite a los alumnos concentrarse más fácilmente en las implicaciones de las vinculaciones entre las tareas (WIRTH, 2000).

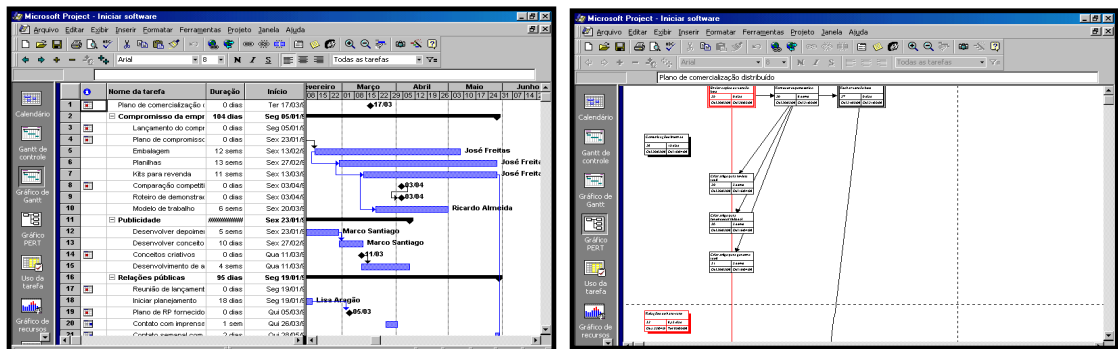


Figura 5 Gráfico de Gantt y PERT

Después de montada la red es necesario cuantificar la duración de la ejecución del proyecto, que será igual a la suma de los tiempos de las actividades, que serán consideradas en el camino más desfavorable o denominado como camino crítico. La Figura 5 ilustra la representación de las relaciones entre las tareas como líneas rojas y negras. Las líneas rojas representan relaciones del camino crítico (tareas que deben ser consideradas dentro del periodo, para mantener el calendario del proyecto) y las líneas negras representan las relaciones del camino no crítico (tareas con margen de retraso y pueden concluirse después de su fecha de termino).

La interface del MICROSOFT PROJECT 2000 facilita la aplicación y la comprensión de los ejercicios propuestos, y contiene un guía didáctico de demostración, de conceptos básicos y usos del programa, tornando este aplicativo fácil de ser utilizado. Se recomienda el uso de este programa con una orientación teórica apropiada, sin lo cual será difícil de atingir el alcance pretendido.

Es importante investigar en la internet aplicaciones que se vienen realizando en diferentes sistemas y lugares, así como la existencia de otros programas disponibles (por ejemplo el PS Suite). De esta manera el aprendizaje se torna más amplio y general, implicando una mayor motivación de los alumnos.

La enseñanza de Planeamiento y Control de Proyectos produjo resultados animadores, siendo que los alumnos vienen realizando aplicaciones en diferentes lugares y con las más diversas finalidades. También se tiene constatado la necesidad de planificar y controlar los emprendimientos, siguiendo técnicas apropiadas.

4.0 APLICACIONES REALIZADAS

Como trabajo final de la materia los alumnos presentan un proyecto de implementación de un sistema con características reales, en un de los paquetes comentados anteriormente, siendo que el objetivo es aplicar el conocimiento adquirido en la materia y proponer algunas alternativas para una mejora del desempeño del sistema a ser aplicado.

Considerando los recursos computacionales y las técnicas relatadas en la sección 3.0, son mencionadas en los próximos párrafos, algunos trabajos desarrollados por los alumnos.

Como aplicaciones de simulación fueron presentadas modelos de simulación del flujo de informaciones en una red de computadoras que consideran cinco laboratorios de informática de la Unisul. El objetivo es verificar donde existe el mayor flujo y evaluar la cantidad de estos. La construcción del modelo de este sistema se basa en un estudio de las operaciones de la red *Internet* e *Intranet* (LEMONS y VILLARROEL DÁVALOS, 1999). Fue también presentado un modelo de simulación del acceso de los vehículos que vienen de la carretera BR 101 a la ciudad de Tubarão, en las rotondas Humaitá, Morretes y Acceso Sul. Los vehículos, en su mayoría, tienen dos procedencias: Porto Alegre y Florianópolis. El objetivo es verificar cual de los accesos tiene un mayor transito (VILLARROEL DÁVALOS, 2001).

Existen otros trabajos basados en simulación que, en la actualidad sirven como base para los estudios que se vienen realizando en las Industrias Cerámicas, Sistemas Help Desk y Sistemas de Transporte Colectivo. La Figura 6 ilustra la aplicación en el Arena, del modelo de simulación del proceso de producción de azulejos de la Industria Cerámica Portinari, del Grupo Cecrisa. Fue modelado de manera similar el proceso de producción de pisos. El objetivo de este trabajo fue verificar un programa de mantenimiento preventivo de las máquinas y equipamientos que intervienen en los procesos, buscando aumentar la capacidad de producción anual de estos productos. (BORGES y COSTA, 2000).

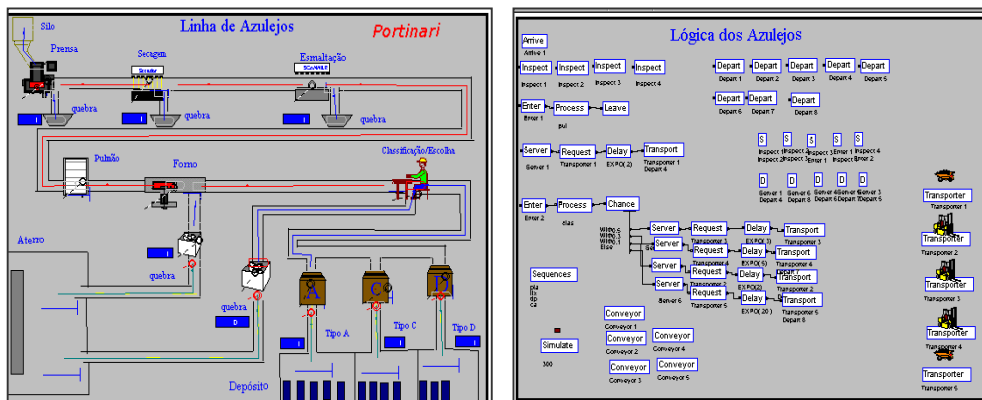


Figura 6 - Modelo de Simulación del proceso de producción de Azulejos

Como aplicaciones de Programación Lineal fueron implementadas modelos de planeamiento de una industria textil, en que los tejidos de algodón (no acabados) comprados son sometidos a una serie de operaciones (preparación, tinturaria y acabamiento), a fin de obtener tejidos de varios colores, brillos, texturas, padrones y acabamientos especiales. Considerado la capacidad productiva horaria, la margen bruta total de las ventas de cada tejido es maximizada. También fueron implementados modelos de planeamiento agrícola a nivel micro-económico, es decir, de la unidad de producción. El problema consiste en considerar recursos limitados, como superficie cultivable, mano-de-obra, riego, etc., para la producción de varios productos, para maximizar el resultado del emprendimiento. Fueron considerados estudios técnicos y económicamente viables para las actividades relacionadas con el plantío (culturas) y las actividades relacionadas con animales (el engorde de terneros para la producción de carne).

Existen otros trabajos con aplicaciones de Programación Lineal, siendo que en los cuales son presentadas propuestas para modelar los indicadores de salud, mediante el uso del Análisis y Encapsulamiento de Datos (DEA). En esta experiencia fueron comparadas las condiciones de salud encontradas en las veinte Micro-regiones de Salud del Estado de Santa Catarina y esta aplicación constituye una herramienta de apoyo a las decisiones con relación a las inversiones sociales. La evaluación de los indicadores se desarrollo mediante un análisis de la productividad en salud de las diferentes Micro-regiones. Los índices generados por el modelo permiten elaborar un análisis de la situación de la salud en los diferentes sectores considerados. Se entiende como productividad, en una Micro-región, a la razón entre lo que se genera en productos y lo que consume para las variables apropiadas. Como insumos son considerados la red de hospitales, red ambulatoria, los recursos y, como productos, la producción ambulatoria y las intervenciones en los hospitales. El objetivo es proporcionar subsidios a los órganos de la salud para contribuir con el proceso de la planificación y evaluación de las regiones. La Figura 7 presenta un mapa colorido y general, con las Micro-regiones de Salud divididas en eficientes e ineficientes (verde para Micro-regiones eficaces y rojo para ineficaces), conforme los resultados generados por el modelo (MAGAJEWSKI y VILLARROEL DÁVALOS, 1999; VILLARROEL DÁVALOS et alii, 1999).

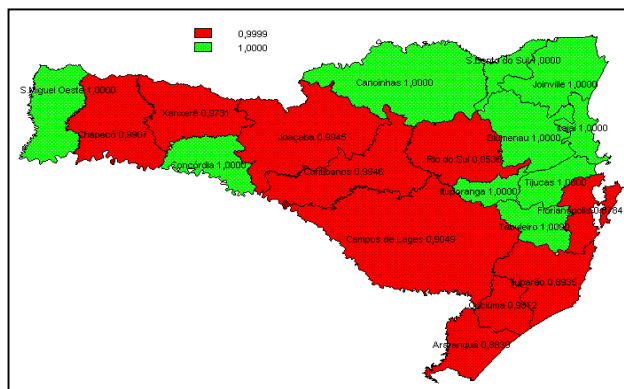


Figura 7 - Mapa colorido de las Micro-regiones Catarinenses

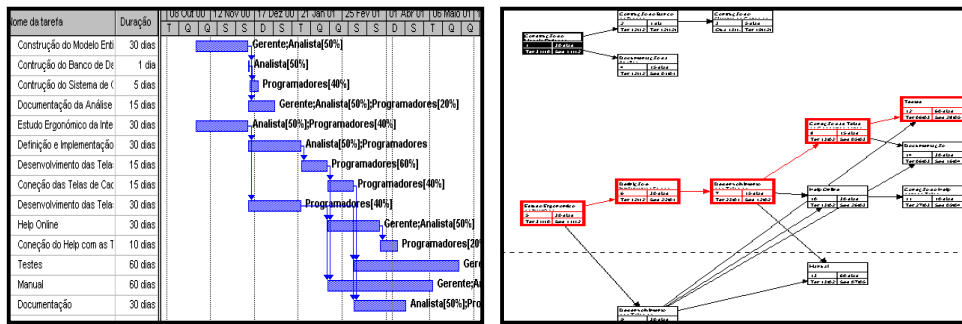


Figura 8 - Gráfico de Gantt e PERT aplicados a la producción de un *software*

Las mejoras alcanzadas en la enseñanza de IO en la Unisul pueden ser verificadas mediante la evolución

paulatina de los trabajos finales, siendo que estos presentan un perfeccionamiento del uso de los conceptos, del

5.0 CONCLUSIONES

Considerando la naturaleza multidisciplinar de la IO, su enseñanza se torna obligatoria para las carreras de

Este trabajo presentó algunas experiencias adquiridas en la enseñanza de IQ, a partir del contenido

Las experiencias con el uso de las planillas de cálculo, lenguajes de programación, paquetes específicos e

La aplicación de planillas de cálculo establece un mejor entendimiento de los conceptos básicos

Debido a su interface gráfica, recursos de animación y la facilidad de construcción de modelos, el uso de

Es importante realizar visitas técnicas a las instalaciones industriales y mostrar las aplicaciones reales que se

un mejor entendimiento del alcance pretendido de la(s) materia(s) de IO. Además de eso, para alcanzar satisfactoriamente el propósito del trabajo final, es importante realizar una orientación con mucho criterio y motivar la exposición de las investigaciones relativas a su aplicación.

El empleo de los recursos computacionales propuestos verifica las mejorías alcanzadas en la enseñanza, porque las aplicaciones relatadas en la sección anterior sirven actualmente como base para estudios e investigaciones que están siendo desarrolladas en la Unisul. Mediante estas aplicaciones, puede notarse la complejidad y la divergencia de los trabajos, a pesar de que estos modelos presentan muchas simplificaciones. Los alumnos más destacados notan estas simplificaciones y esto los motiva para presentar modelos detallados y mejorados en Congresos de Iniciación Científica, publicaciones internas de la Universidad y en las industrias aplicadas que tienen demostrado interés por los estudios.

Considerando que la IO es ministrada en varios cursos y su enseñanza abarca el estudio de muchos métodos, resulta difícil para los docentes attingir todos los temas en ella considerados de una manera satisfactoria, siendo que por esto, se recomienda llevar a cabo discusiones con el objetivo de rever la forma de como debe enseñarse en las diferentes carreras, con base en las experiencias aquí relatadas.

6.0 BIBLIOGRAFÍA

1. ACKOFF, R.; SASIENI, M. **Pesquisa operacional**. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos, 1979.
2. BARNETT, R. A.; ZIEGLER, M. R. **Applied calculus with linear programming for business, economics, life sciences and social sciences**. New York, College Mathematics Series, 1995.
3. BORGES, C.; COSTA, M. **Um modelo de simulação do uma indústria cerâmica**. Tubarão: 2000, 124 f. PCC (Ciência da Computação) – Unisul.
4. FEOFILOFF, P. **Algoritmos de programação linear**. São Paulo, Ed. USP, 1999.
5. KELTON, D.; SADOWSKI, D. A.; SADOWSKI, R. P. **Simulation with ARENA**. New York, McGraw-Hill, 1998.
6. LACERDA, L. S.; VASCONCELLOS, R. S. Utilização de planilhas eletrônicas em programação matemática. **SOBRAPO - Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro, vol. 16, n. 2, 1996.
7. LAW, A.; KELTON, W. **Simulation modeling and analysis**. 3 ed., New York, McGraw-Hill, 1991.
8. LEMOS, E.; VILLARROEL DÁVALOS, R. Um modelo de simulação aproximado do fluxo de informações numa rede de laboratórios de informática. In.: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 31, 1999, Juíz de Fora (MG). **Anais...** Rio de Janeiro: SOBRAPO, 1999.
9. MAGAJEWSKI, F. R. L.; VILLARROEL DÁVALOS, R. Avaliação dos indicadores de qualidade de vida no Estado de Santa Catarina mediante o uso de informações epidemiológicas. In.: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 31, 1999, Juíz de Fora (MG). **Anais...** Rio de Janeiro: SOBRAPO, 1999.
10. PEDGEN, C. D.; SHANNON, R.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN**. 2. 2d. New York, McGraw-Hill, 1994.
11. PERIN, C. F. **Introdução à simulação de sistemas**. Campinas, Ed. da Unicamp, 1995.
12. PRADO, S. H. **Programação linear**, Belo Horizonte, Ed. de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
13. _____. **Usando o ARENA em simulação**. Belo Horizonte, Ed. de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
14. RAO, S. S.; **Optimization: theory and practice**. 3. ed., New York, John Willey & Sons, 1996.
15. VASCONCELO, J. A.; **Programação linear com aplicações em microcomputador**. São Paulo, Ciência Moderna, 1999.
16. VILLARROEL DÁVALOS, R. O ensino de simulação de sistemas nos cursos de engenharia e informática. In.: XIV Encontro Nacional de Docentes em Investigación Operativa y XII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, 2001, Córdoba (Argentina). **Anais...** Córdoba: ENDIO y EPIO, 2001.
17. _____ et alli. Uma proposta para modelar os indicadores da saúde através de uma análise envoltória de dados. In.: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 31, 1999, Juíz de Fora (MG). **Anais...** Rio de Janeiro: SOBRAPO, 1999.
18. WIRTH, A. **Planejamento, Replanejamento e Controle com Microsoft Project 2000**, Rio de Janeiro, Book Express, 2000.