

AUTOMATIZAÇÃO E GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES DO LABORATÓRIO DE ENERGIA E MEIO-AMBIENTE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO ¹

Cristina Weber Ambrósio ²

Terezinha de Lurdes Loss ³

Jose Aparecido de Lima ⁴

Fernando Dummer Silva ⁵

Luiz Geraldo Ferreira Vieira Junior ⁶

Resumo

O gerenciamento das informações referentes ao ciclo de trabalho do Laboratório de Energia e Meio-Ambiente e a automatização do envio de dados gerados por instrumentos de análises químicas estão entre os principais objetivos da implantação do sistema LIMS. Este sistema também dá suporte ao cumprimento da norma de qualidade NBR ISO/IEC 17025, específica para laboratórios, visto que o Laboratório de Energia e Meio-Ambiente é acreditado nesta norma. Foi realizado um levantamento de requisitos para a aquisição, customização e implantação de um sistema capaz de atender à rotina e gerenciamento do laboratório, tornando-o mais eficiente e capacitando-o para melhor atender às exigências de clientes e órgãos ambientais. Os resultados obtidos através da implantação de funções de controle de qualidade, eliminação de transcrição de dados e da automatização de cálculos e instrumentos de análises conferem maior rapidez e confiabilidade à emissão de resultados.

Palavras chave: LIMS; Laboratório; NBR ISO/IEC 17025; Qualidade.

INFORMATION MANAGEMENT AND AUTOMATION OF ENERGY AND ENVIRONMENT LABORATORY OF ARCELORMITTAL TUBARÃO

Abstract

Information management related to work cycle of Energy and Environment Laboratory and the automation of data sending from chemical analysis instruments are some of the main purposes of LIMS implantation. This system supports NBR ISO/IEC 17025 for laboratories, since Energy and Environment Laboratory is certified in this rule. In order to guide system acquisition, customizing and implementation, a requirement analysis was done, so that the system accomplishes laboratory work cycle, management, customers demands and environmental laws. Reliability and quickness of analysis results emission are some of the advantages obtained through eliminating data transcription and automating calculations and instruments.

Key words: LIMS; Laboratory; NBR ISO/IEC 17025; Quality.

¹ *Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS*

² *Engenheiro Especialista de Automação e Controle de Processos – ArcelorMittal Tubarão.*

³ *Técnica do Laboratório de Energia e Meio-Ambiente – ArcelorMittal Tubarão.*

⁴ *Supervisor do Laboratório de Energia e Meio-Ambiente – ArcelorMittal Tubarão.*

⁵ *Engenheiro Especialista de Automação e Controle de Processos – ArcelorMittal Tubarão.*

⁶ *Engenheiro – Fornecedor do Sistema – Unicorp Informática Industrial Ltda.*

1 INTRODUÇÃO

O setor de Utilidades da ArcelorMittal Tubarão, em consonância com a política da qualidade da empresa, certificou-se na NBR ISO 9001:2000 em 2003. Seguindo esta tendência, o Laboratório de Energia e Meio-Ambiente (LEMA), pertencente ao setor de Utilidades, além de certificar-se nesta norma, obteve em 2005 sua acreditação junto ao INMETRO na NBR ISO/IEC 17025, que diz respeito à garantia de competência de laboratórios de ensaio e calibração.

O objetivo do LEMA é fornecer subsídios ao setor de meio-ambiente e demais áreas operacionais para que possam atuar preventivamente e com eficiência, auxiliando-os no controle dos processos e monitoramento dos parâmetros ambientais. O laboratório executa diferentes tipos de ensaios químicos, tais como análises microbiológicas para controle de potabilidade e de efluentes, análises físico-químicas para controle de tratamento químico de águas de caldeiras e de sistemas de torres de resfriamento, monitoramento ambiental atmosférico e de efluentes líquidos, águas marinhas e subterrâneas, mexilhões e resíduos. Além das atividades de rotina, que envolvem cerca de 6000 ensaios mensais, o laboratório atende a solicitações extras de análises de clientes internos e dá suporte técnico à divisão de meio-ambiente na obtenção de licenças ambientais para instalações de novas unidades industriais e projetos de expansão da produção.

O sistema de informação que atendia ao laboratório até meados de 2006 auxiliava no armazenamento e recuperação dos resultados de análises químicas. Adquirido em 1997, este sistema tornou-se insuficiente para apoiar o laboratório no cumprimento dos requisitos de qualidade exigidos pelas normas nas quais o laboratório é acreditado. Desta forma, o corpo técnico do laboratório precisava atender a estes requisitos através de controles manuais, como o preenchimento de uma série de formulários. Tais formulários envolviam desde funções de gerenciamento do laboratório e programação de coletas até o registro manual de resultados de ensaios, ainda que provenientes de equipamentos automatizáveis.

Após a avaliação de sistemas de gerenciamento e automatização de laboratórios existentes no mercado, conhecidos como LIMS (*Laboratory Information Management System*), ficou comprovado que a aquisição deste tipo de sistema atenderia às necessidades da rotina do LEMA e às recomendações das normas de qualidade. Este trabalho aborda a especificação e demais atividades necessárias à adequada implantação do LIMS no Laboratório de Energia e Meio-Ambiente.

2 METODOLOGIA DE ESPECIFICAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO LIMS

O projeto LIMS iniciou-se pela fase de levantamento de requisitos, conforme Figura 1. Nesta etapa, foram identificadas as necessidades do laboratório, através do entendimento de suas atividades e requisitos de atendimento ao cliente e às normas de qualidade. Dentre os principais requisitos, foram identificados:

- melhoria no gerenciamento das informações e tarefas do laboratório;
- adequação às normas NBR ISO 9001 e NBR ISO/IEC 17025;
- aquisição automática dos resultados de equipamentos de análises; e
- melhoria nas consultas de resultados e solicitações de análises pelos clientes.

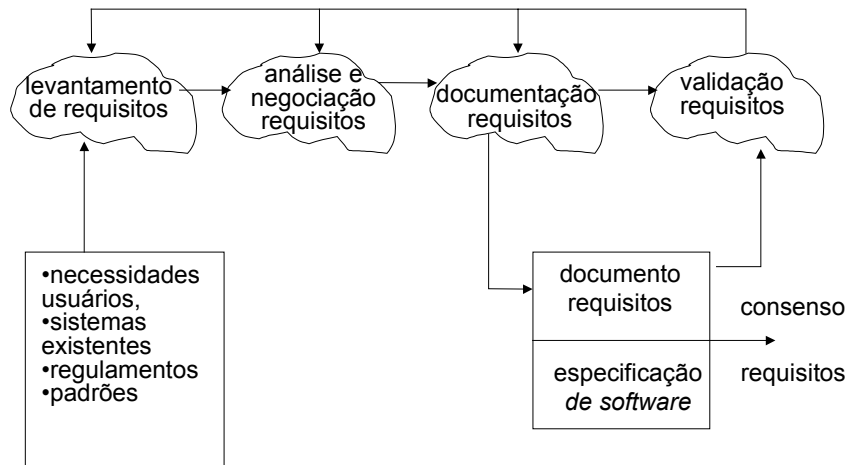


Figura 1 – Modelo de Atividades da Engenharia de Requisitos

Após o levantamento de requisitos, iniciou-se a etapa de elaboração da especificação técnica, onde foram considerados os requisitos funcionais e de qualidade de software, seguindo a padronização interna da divisão de automação (PO-ENG-EEAT-GS-0009).⁽¹⁾ Nesta fase, é fundamental estabelecer o escopo do projeto e suas fronteiras, identificando os principais casos de uso do sistema, segundo FALBO⁽²⁾. Foram identificados três grupos de casos de uso: apoio a rotina do laboratório, gestão da qualidade (Figura 2) e gestão de recursos.

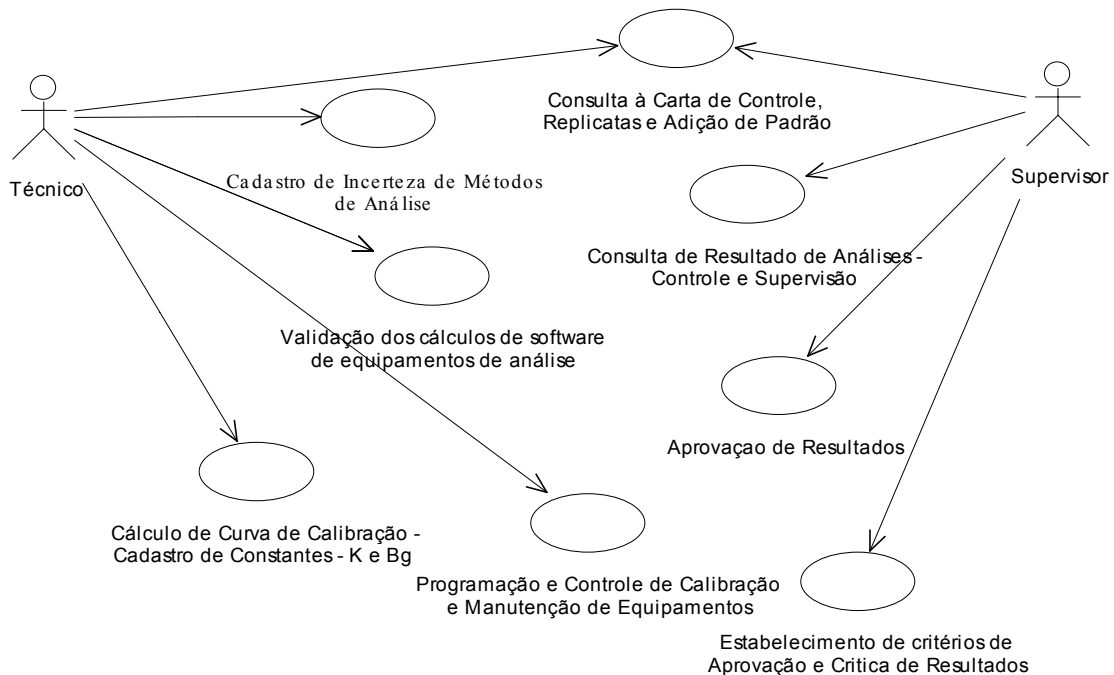


Figura 2 –Diagrama de Casos de Uso – Apoio à Gestão e Controle de Qualidade

Quanto aos requisitos de qualidade de software, utilizou-se alguns critérios apresentados na Tabela 1. O passo seguinte foi selecionar um sistema capaz de atender à especificação. Para esta seleção, optou-se por sistemas implantados em laboratórios acreditados na NBR/ISO 17025. Foi escolhido o sistema UniLIMS, da Unicorp Informática Industrial Ltda, por ser este o sistema de maior aderência à especificação elaborada.

Tabela 1 – Características de Software das Normas ISO/IEC 9126 e NBR 13596

Característica	Subcaracterística	Pergunta chave para a subcaracterística
Funcionalidade (satisfaz as necessidades?)	Precisão	Faz o que foi proposto de forma correta?
	Interoperabilidade	Interage com os sistemas especificados?
	Conformidade	Está de acordo com as normas, leis, etc.?
	Segurança de acesso	Evita acesso não autorizado aos dados?
Confiabilidade (é imune a falhas?)	Tolerância a falhas	Ocorrendo falhas, como ele reage?
	Recuperabilidade	É capaz de recuperar dados em caso de falha?
Eficiência (é rápido e "enxuto"?)	Tempo	Qual é o tempo de resposta, a velocidade de execução?
	Recursos	Quanto recurso usa? Durante quanto tempo?
Manutenibilidade (é fácil de modificar?)	Analísabilidade	É fácil de encontrar uma falha, quando ocorre?
	Modificabilidade	É fácil modificar e adaptar?
	Estabilidade	Há grande risco quando se faz alterações?
	Testabilidade	É fácil testar quando se faz alterações?
Portabilidade (é fácil de usar em outro ambiente?)	Adaptabilidade	É fácil adaptar a outros ambientes?
	Capac. para ser instalado	É fácil instalar em outros ambientes?
	Capac. para substituir	É fácil usar para substituir outro?

Iniciou-se então a fase de planejamento do projeto, conforme padrão interno da divisão de automação⁽³⁾ (PO-ENG-EEAT-GS-0004). Foi estabelecido um cronograma de projeto e identificadas as especificações de infra-estrutura necessárias, tal como aquisições de hardware, configuração da rede do laboratório e de interfaces para integração com equipamentos. Ficou definido a implantação do LIMS em duas etapas principais, onde a primeira corresponderia a versão básica do sistema, e a segunda agregaria as novas funcionalidades identificadas pelo fornecedor do LIMS quando da análise da especificação técnica da ArcelorMittal Tubarão. O objetivo foi agilizar a implantação da versão básica do LIMS para dar suporte imediato ao fluxo de atividades de programação de coletas, realização de ensaios e emissão de resultados. Com isto, foi possível ao usuário do sistema adaptar-se aos poucos às mudanças trazidas com o LIMS, visto que a quantidade de melhorias a serem implantadas através das novas funcionalidades solicitadas eram muitas. Segundo Falbo⁽²⁾, na fase de construção, um produto completo é desenvolvido de forma iterativa e incremental, para que esteja pronto para a transição à comunidade usuária. Na medida em que o software é colocado em uso, surgem novas considerações que demandarão a construção de novas versões, permitindo ajustes no sistema, correção de problemas ou conclusão de características que foram postergadas.

2.1 Automatização da Aquisição de Dados

O laboratório dispõe de equipamentos modernos, que possuem funções de envio automático de resultados, além de equipamentos com saída serial. Com o intuito de aumentar a confiabilidade da obtenção dos resultados de análises e o envio destes resultados para os clientes dentro do menor prazo possível, o LIMS foi integrado a

estes equipamentos, aumentando a produtividade e confiabilidade dos resultados emitidos. Na figura 3 é apresentada a arquitetura do módulo UniLINK de integração com equipamentos. A automatização da coleta de dados possibilitou a eliminação da necessidade de preenchimento de folhas de trabalho, onde eram anotados, para fins de rastreabilidade, os resultados finais e as parciais dos procedimentos de ensaio, também identificados como dados brutos pela NBR ISO/IEC 17025 Cintra.⁽⁴⁾

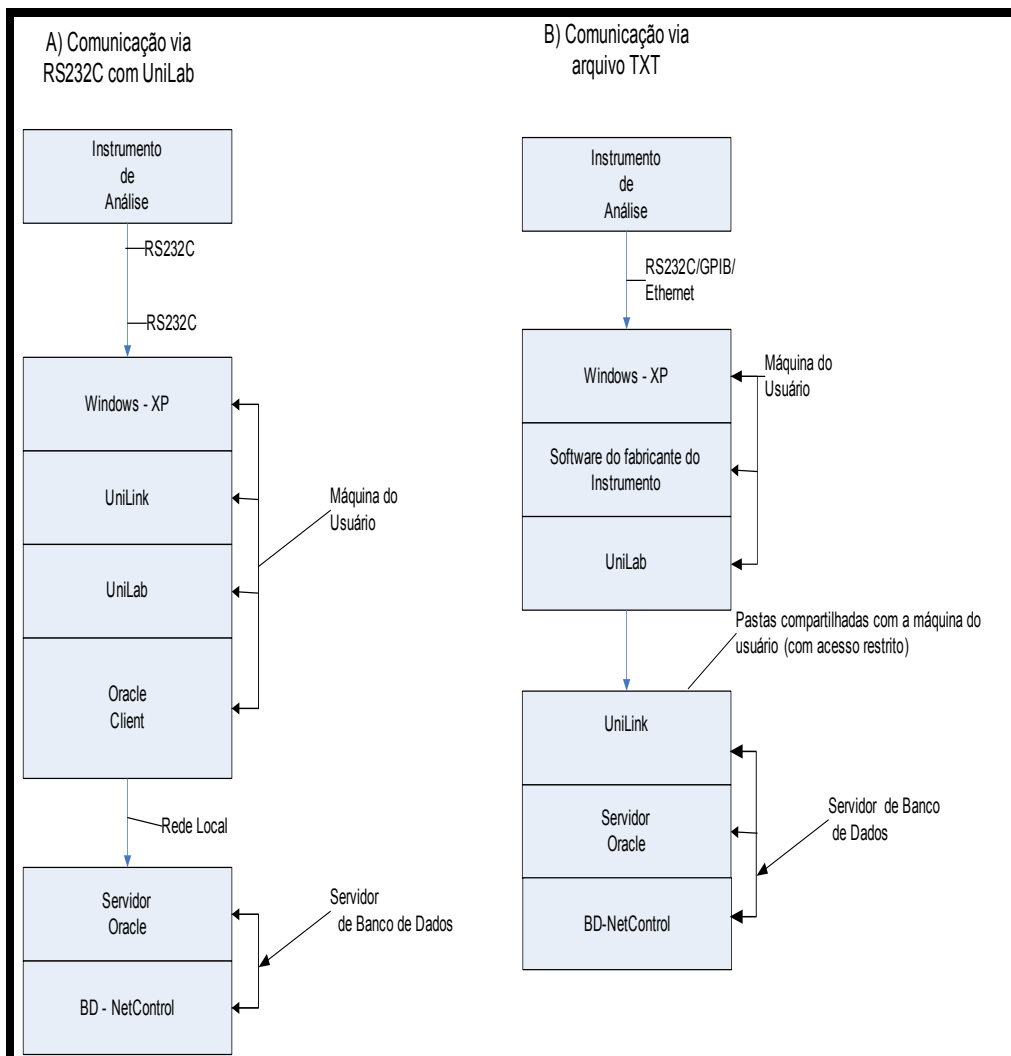


Figura 3 – Arquitetura da Integração de Instrumentos ao LIMS – módulo UniLINK

Dentre os equipamentos integrados temos: dois pHmetros, um turbidímetro, dois condutivímetros, uma balança, um oxímetro (Figura 4), dois espectrofotômetros UV-Visível e um espectrofotômetro ICP-OES. Os dados provenientes de coletas de amostras e resultados realizados em campo também foram automatizados através da utilização do uso de *pockets* e etiquetas com código de barras, conforme Figura 5.



Figura 4 –Automatização de Dados de Ensaio – Saída Serial

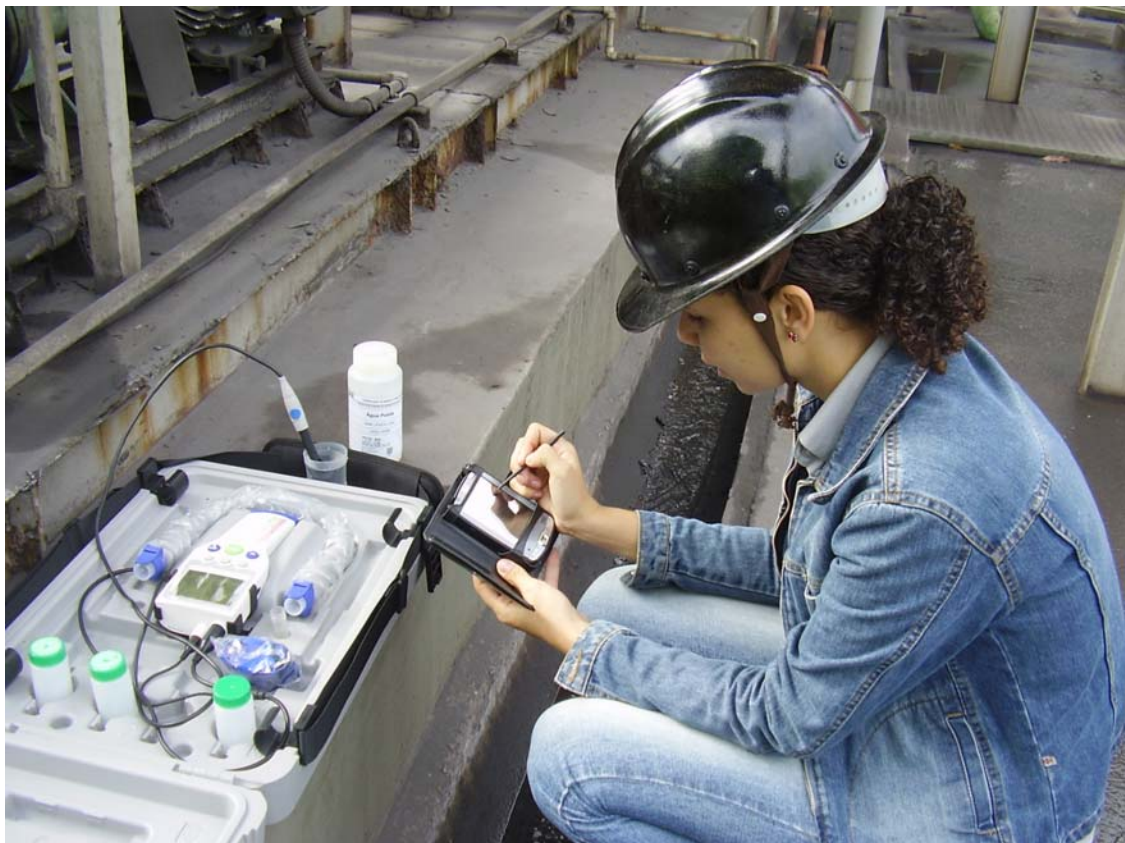


Figura 5 – Automatização de Dados de Coleta e Análises de Campo

2.2 Programação, Realização de Análises e Aprovação de Resultados

A programação de coletas é fundamental para conciliar a capacidade do laboratório com a demanda de análises dos clientes. Através da função de programação, o supervisor planeja tarefas de coleta e gera planilhas conforme frequências exigidas, regiões e equipes de coleta. Tais planilhas são transmitidas para os *pockets* e levadas para campo. A interface da função facilita a programação (Figura 6).

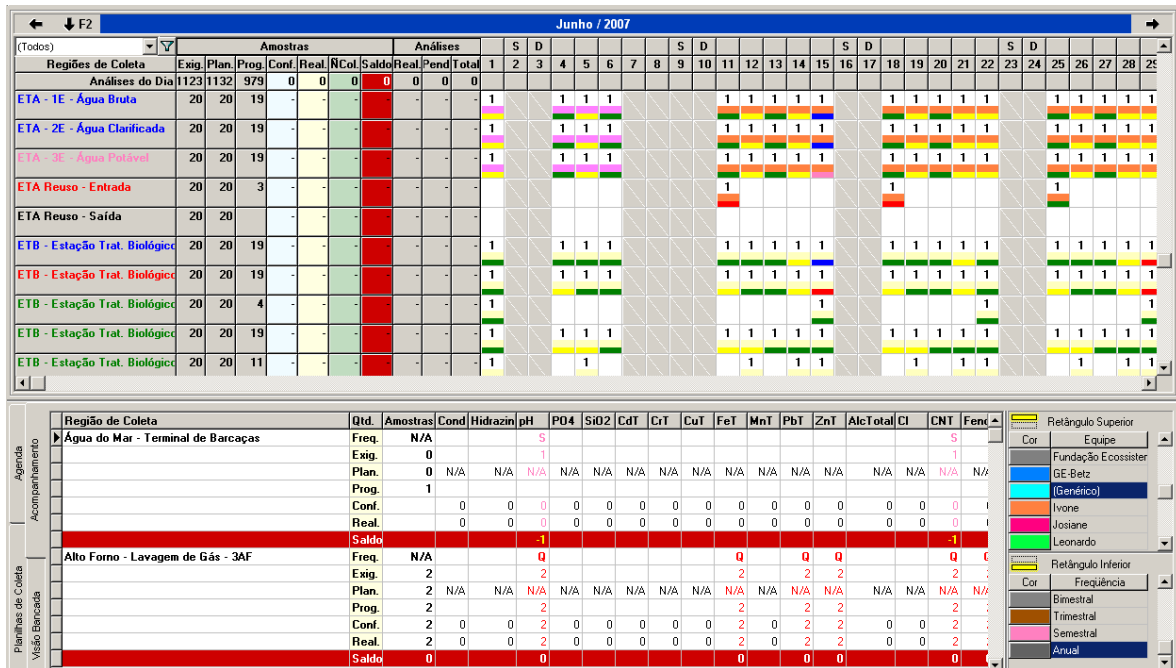


Figura 6 – Função de Programação de Coletas, Definição de Análises e Geração de Amostras



Figura 7 – Tela de Entrada de Dados Durante o Processo de Análise

O registro de informações durante o processo de análise, feito nas bancadas do laboratório, é auxiliado por telas configuradas para atender aos diversos tipos de ensaios (Figura 7). Todos os detalhes dos processos de análises são inseridos conforme o método e equipamento utilizados. O operador controla a qualidade dos resultados, monitorando em cartas de controle (CEP) e variação de amplitude a tendência dos resultados e amostras padrão de controle. Desta forma, contra-medidas podem ser tomadas tão logo sejam identificados os desvios. Nesta etapa, análises replicatas e de adição de padrão também são realizadas, com aviso para o operador sobre o cumprimento dos indicadores de desempenho do LEMA.

Antes que os resultados sejam liberados para consulta de clientes, o supervisor, através da função de gerenciamento de amostras, analisa os resultados obtidos, segundo as exigências ambientais e limites operacionais (Figura 8). O LIMS exibe alertas de desvios em relação a estes parâmetros de controle. Neste instante, os resultados podem ser aprovados ou não. As observações inseridas pelos operadores durante a realização de ensaios é exibida para o supervisor, que pode emitir o seu parecer, a ser apresentado no laudo, denominado relatório de ensaios, segundo a ISO/IEC 17025.⁽⁵⁾ Os detalhes de todas as etapas ficam registrados e disponíveis no LIMS, conferindo rastreabilidade ao processo. Esta função dá visibilidade sobre a situação de análises (pendente, realizadas, liberadas) conforme o tipo das amostras (programada, extra, controle de qualidade) e a localização operacional ou geográfica dos ponto de coleta.

The screenshot shows the 'Rastreamento de resultados' window with the following data:

Valor	Unid.	Analista	Data Início	Data Fim	Corrigido por																														
1048	mg/L	Ailton Ronaldo Guatolini	26/6/2007 18:03:10																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor Intermediário</th> <th>Abrev.</th> <th>Tipo</th> <th>Data</th> <th>Resultado</th> <th>Origem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)</td> </tr> </tbody> </table>						Valor Intermediário	Abrev.	Tipo	Data	Resultado	Origem	Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)						Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)						Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)						Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)					
Valor Intermediário	Abrev.	Tipo	Data	Resultado	Origem																														
Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)																																			
Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)																																			
Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)																																			
Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)																																			
1048	mg/L	Ivone Trindade Pereira	20/6/2007 16:21:43		Ailton Ronaldo																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor Intermediário</th> <th>Abrev.</th> <th>Tipo</th> <th>Data</th> <th>Resultado</th> <th>Origem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)</td> </tr> </tbody> </table>						Valor Intermediário	Abrev.	Tipo	Data	Resultado	Origem	Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)						Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)						Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)						Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)					
Valor Intermediário	Abrev.	Tipo	Data	Resultado	Origem																														
Replicata : A - Resultado: 1465 (Aprovado)																																			
Replicata : B - Resultado: 1127 (Aprovado)																																			
Replicata : C - Resultado: 970 (Aprovado)																																			
Replicata : D - Resultado: 782 (Aprovado)																																			
1048	mg/L	Ivone Trindade Pereira	20/6/2007 16:21:43		UNICORP																														

Valor	Unidade	Laudo	Obs	Analista	Resp. Lit
CNT	6,09501 mg/L	6,10	Sem Ob	Bernardete José Apa	
DBO5	1048,35 mg/L	1048	Sem Ob	Ailton Ronaldo Terezinha	
DQO	2811,84 mg/L	2812	Sem Ob	Ivone Trindade Pereira	José Apa
Fenol	533,9251 mg/L	534	Sem Ob	Bernardete José Apa	
N_NH3	159,3081 mg/L	159	Sem Ob	Ivone Trindade Pereira	José Apa
OG	2,4 mg/L	<5,00	Sem Ob	Leonardo José Apa	
PbT	0 mg/L	<0,010	Sem Ob	Leonardo José Apa	
pH	7,08	7,08	Sem Ob	Bernardete José Apa	
RNFT	25,92 mg/L	25,9	Sem Ob	Bernardete José Apa	
SV60	0 mL/L	<0,1	Sem Ob	Ivone Trindade Pereira	José Apa

Figura 8 – Função de Gerenciamento e Amostras – Aprovação de Resultados

2.3 Controle de Qualidade de Ensaios, Instrumentos e Relatório de Ensaios

A qualidade das análises é controlada através de funções específicas do LIMS, tais como cálculo de cartas de controle e variação de amplitude (Figura 9). Os equipamentos têm seus registros de calibração controlados no LIMS, que também valida, periodicamente, parâmetros como K e BG (constante e *background*), utilizados pelos equipamentos no cálculo de resultados de análises (Figura 10).

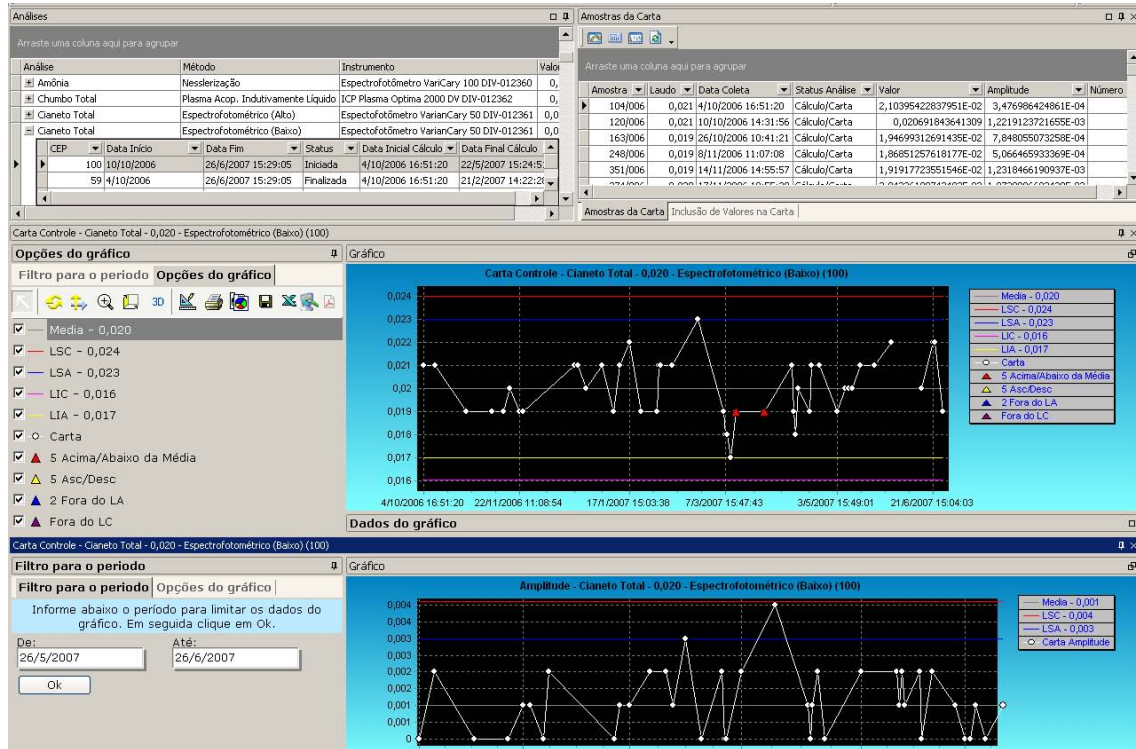


Figura 9 – Controle de qualidade – Cartas de Controle e Variação de Amplitude

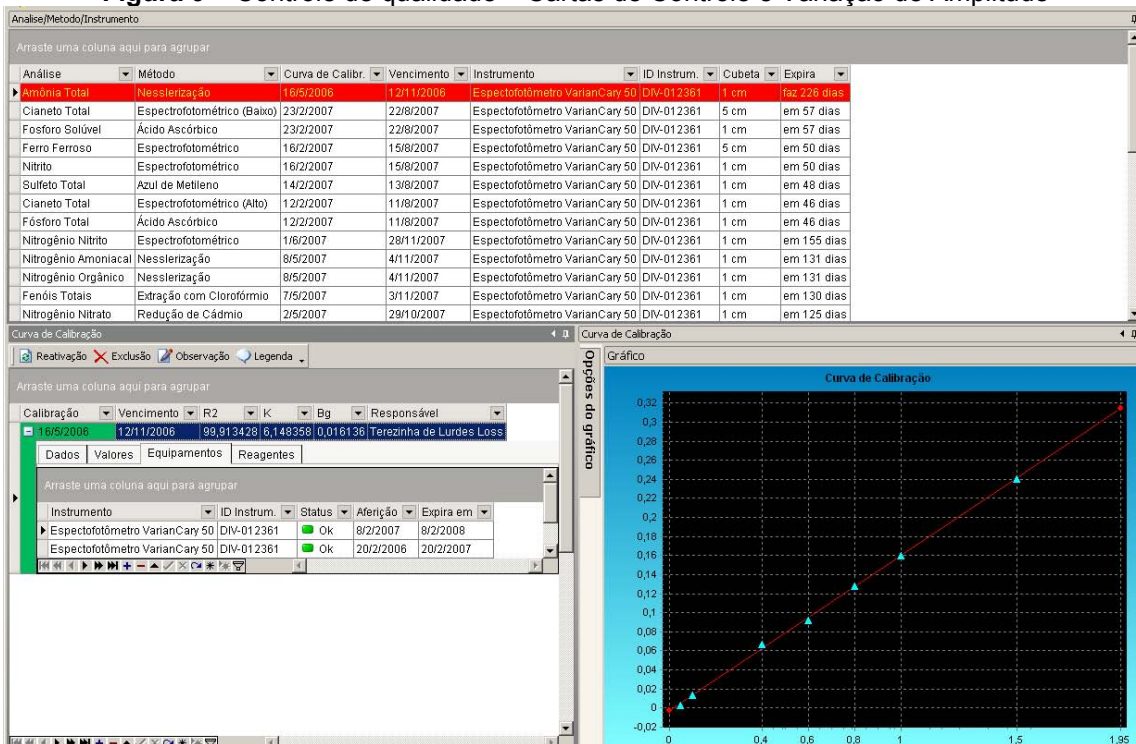


Figura 10 – Controle de Instrumentos– Validade de Calibrações e Parâmetros de Equipamentos

O LIMS disponibiliza os resultados de análises através de relatórios de ensaios, no formato exigido pelo INMETRO, conforme Figura 11. A incerteza dos resultados é calculada pelo sistema e informada aos clientes nos relatórios. Outros relatórios do sistema contemplam o acompanhamento dos indicadores de desempenho do LEMA e os resultados obtidos em programas inter-laboratoriais de proficiência em ensaios (PEP).

Laboratório de Energia e Meio Ambiente
Relatório de Ensaio
 CLF 0049

Laboratório: Laboratório de Energia e Meio Ambiente
Amostra: 9130-E **Versão:** 0 **Origem da Amostra:** Programada
Data da Coleta: 15/06/2007 **Hora da Coleta:** 07:19 **Data do recebimento:** 15/06/2007 **Chuvas:** Não
Componente: ETB - Estação de tratamento biológico Coqueria
Município: Serra **Coletor:** Equipe IGCC-P
Bairro: Jardim Limoeiro **Ponto:** Licor
Procedência: AV BRIG Eduardo Gomes
Elemento: Afluente
Cliente: IGCC - Área de Coqueria

Análise	Obs	Ensaio	Resultado	Unidade	Inc.	Método	Sala
Cianeto Total	-	15/06/07	6,10	mg/L	+/- 0,27	Espectrofotométrico / SWWA - 4500.E	F5Q
Demanda Química de Oxigênio	-	15/06/07	2812	mg/L	+/- 152	Refluxo Fechado / SWWA - 5220.C	F5Q
Fenóis Totais	-	15/06/07	534	mg/L	+/- 41	Extração com Clorofórmio / SWWA - 5530.C	F5Q
Nitrogênio Amoniacal	-	15/06/07	169	mg/L	+/- 3	Titrimétrico / SWWA - 4500.C	F5Q
Sulfeto Total	-	15/06/07	1,93	mg/L	+/- 0,26	Iodométrico / SWWA - 4500.F	F5Q

Endereço das Salas de Ensaios
 Serra - Jardim Limoeiro - Avenida Brigadeiro Eduardo Gomes nº 930 CEP: 29163-970
 F5Q - Físico Química

Figura 11 – Emissão de Relatório de Ensaios, conforme a NBR ISO/IEC 17025

3 RESULTADOS OBTIDOS

Dentre as vantagens obtidas com a implantação do LIMS temos:

- Confiabilidade e rapidez na emissão de resultados de análises, através da eliminação da entrada manual de dados de coleta e de análises e do gerenciamento da qualidade do processo analítico;
- Atendimento às exigências dos órgãos ambientais e das necessidades dos clientes, através da emissão de relatórios de ensaios e de interface de solicitação de análises extras pelos clientes através do sistema, segundo as normas de qualidade;
- Atendimento aos requisitos das normas de qualidade NBR ISO/IEC 17025:2005 e NBR 9001:2000 (rastreadabilidade de medição, apresentação de resultados, dentro outros);

- Apoio à gestão do laboratório, através de ganho de visibilidade sobre a situação dos processos, medição de indicadores de desempenho e gerenciamento dos recursos do laboratório.

A utilização do banco de dados Oracle, com o uso de recursos de recuperação de dados e tolerância a falhas, assim como a utilização da redundância de hardware no armazenamento dos dados, garante segurança e agilidade de acesso às informações do LIMS. A utilização da segmentação da rede de aquisição de dados e operação do laboratório garante segurança de acesso ao sistema. A portabilidade do LIMS permitiu a instalação dos módulos de supervisão e consulta a resultados na rede corporativa, conferindo disponibilidade às informações do LIMS.

4 CONCLUSÕES

O sistema LIMS proporcionou a redução da necessidade de controles manuais das atividades do laboratório. O número de formulários e folhas de trabalho eram em torno de 140. Após a implantação do sistema, este número passou para 40, o que corresponde a uma redução de 72%. Desta forma, o sistema contribuiu para elevar a produtividade e confiabilidade dos processos do LEMA.

O sistema entrou em operação na sua versão básica em outubro de 2006. Em junho de 2007, com uma versão que contemplava muitas das novas funcionalidades, o laboratório foi auditado na NBR ISO/IEC 17025:2005, pela Rede Metrológica do Rio Grande do Sul, tendo obtido avaliação bastante favorável sobre o uso do LIMS no que diz respeito ao cumprimento dos requisitos de qualidade.

REFERÊNCIAS

- 1 CST. PO-ENG-EEAT-GS-0009. Análise de Requisitos de Sistemas de Automação de Nível 2.
- 2 FALBO, R. A. Análise de Sistemas, notas de aula, UFES, 2002.
- 3 CST. PO-ENG-EEAT-GS-0004. Planejamento Preliminar do Desenvolvimento de Sistemas de Automação de Nível 2.
- 4 CINTRA, O. A. Sistema de Qualidade em Laboratórios de Ensaio, segundo os critérios da NBR ISO/IEC 17025. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
- 5 ABNT, NBR ISO/IEC 17025. Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. ABNT, 2005.