



AVALIAÇÃO DE CONFORTO LUMÍNICO EM SALAS DE AULA: ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUNDAMENTAL FREI PACÍFICO, VIAMÃO, RS

Alessandro Morello (1); Christiane Krum (2); Miguel A. Sattler (3)

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: alessandromorello@furg.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: chris_krum@hotmail.com

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: masattler@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho dá continuidade às ações do grupo da Linha de Pesquisa em Edificações e Comunidades Sustentáveis do Norie/UFRGS, focadas no aprimoramento e na avaliação das alternativas propostas para uma escola de ensino fundamental mais sustentável, localizada no município de Viamão/RS, cujo projeto foi desenvolvido em 2004, e a construção foi finalizada em 2006. **Objetivo:** Como boas condições de iluminação dos ambientes são fundamentais para que as atividades de ensino e aprendizagem possam ser exercidas de forma adequada, o principal objetivo deste trabalho foi a avaliação das condições de iluminação natural e artificial no interior das salas de aula A, D e E da Escola Fundamental Frei Pacífico. **Metodologia:** As medições com luxímetros foram realizadas no interior e no exterior dos ambientes, em data próxima ao equinócio de outono, em diferentes horários do dia, com intervalos de, aproximadamente, duas horas. **Resultados:** A partir dos dados obtidos nas medições in loco, observou-se que o nível de iluminamento é satisfatório, de acordo com a Norma NBR 5413, mas o coeficiente de uniformidade poderia ser melhorado. Por fim, o trabalho apresenta considerações sobre o experimento, propõe melhorias para as salas de aula em questão e faz sugestões para futuros trabalhos.

Palavras-chave: conforto visual/lumínico, iluminação natural, edificações escolares.

1 INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido sobre os caminhos que a sociedade vem escolhendo para alcançar seu desenvolvimento e o conseqüente impacto que isto tem causado ao planeta. Sabe-se que a que as edificações são responsáveis por grande parcela do consumo de energia elétrica (LAMBERTS et al., 1997). Além disso, a iluminação artificial é responsável por 3,3% de toda a eletricidade consumida no Brasil (HADDAD E YAMACHITA, 2005).

Frente a esta situação, surge a necessidade de se rever a forma como as edificações vem sendo projetadas. O Brasil tem a sua abóboda celeste bem iluminada, permitindo, em edifícios bem projetados, dispensar a iluminação artificial, na maioria das horas do período diurno (MASCARÓ e MASCARÓ, 1992).

Para BOGO e PEREIRA (1998), a utilização da luz natural não apenas economiza energia, mas também proporciona uma luz de melhor qualidade (melhor reprodução de cores, melhor definição de objetos), com melhoria do ambiente visual e benefícios psicológicos e fisiológicos aos usuários.

A luz natural consiste em luz proveniente diretamente do sol, luz difundida na atmosfera e luz difundida no entorno. Em geral, a melhor forma de utilizá-la é através da sua reflexão, evitando os ofuscamentos gerados pela incidência direta da fonte de luz no plano de trabalho, cuidando-se, ainda, para que seja admitida no ambiente em períodos do ano e horários adequados de forma que não ocorram ganhos de calor indesejáveis, que possam afetar o desempenho térmico da edificação.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a conformidade dos valores obtidos na avaliação das condições de iluminação de três salas de aula, da Escola Fundamental Frei Pacífico (Viamão/RS), com a NBR 5413, que estabelece níveis mínimos de iluminamento sobre o plano de trabalho.

3 METODOLOGIA

Para a realização da avaliação de conforto lumínico, foram realizadas medições externas e internas (em 3 salas distintas), concomitantemente e ao longo do dia, iniciando as 8:30 horas e repetindo-se às 10:00 horas, 10:30 horas, 12:00 horas, 12:30 horas, 13:00 horas, 15:00 e 17:00 horas. Para estas medições foram utilizados quatro Luxímetros, modelo ISO-TEC ILM350, que indicam a Iluminância, em lux.

Com base na NBR 15215-4 (ABNT, 2005), para a coleta dos valores internos sujeitos à iluminação natural, utilizou-se uma malha de 36 pontos equidistantes (Figura 1a). A altura do plano de trabalho considerada nesse experimento foi a altura da mesa dos alunos, ou seja, 75cm acima do nível do piso interno das salas de aula.

Para avaliar a contribuição do sistema de iluminação artificial para os níveis de iluminância das salas, utilizou-se uma malha de 9 pontos, dispostos conforme a localização das luminárias existentes. (Figura 1b).

Para se obter uma análise completa dos níveis de iluminamento em uma situação real de uso das salas de aula, foram, ainda, considerados 5 pontos do quadro verde, nas diferentes situações acima mencionadas. (Figura 1c).

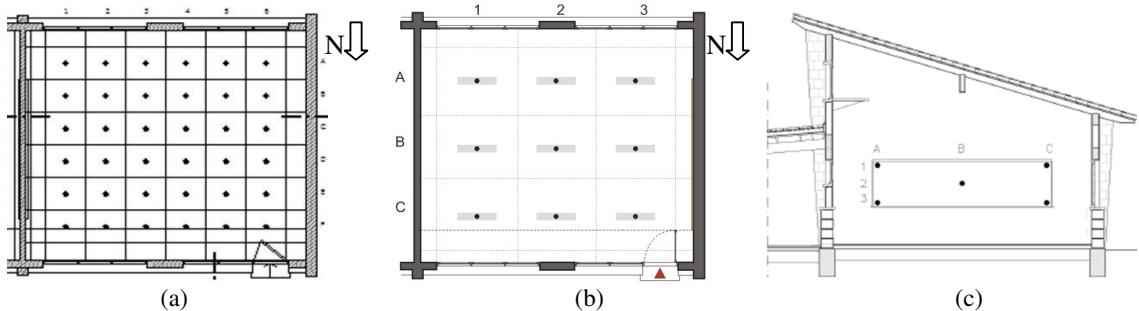


Figura 1 - Malha utilizada para coleta dos valores de iluminância, sob ação da iluminação natural (a). Malha utilizada para coleta dos valores de iluminância, sob ação da iluminação artificial (b). Pontos de coleta, junto ao quadro verde (c).

3.1 Caracterização da escola e das salas de aula analisadas

A escola analisada foi construída, orientada por princípios de sustentabilidade, no município de Viamão - RS, distando cerca de 50 Km de Porto Alegre. Para análise do conforto lumínico, foram selecionadas 3 salas de aula, denominadas, neste estudo, de salas “A”, “D” e “E”.

A escola se caracteriza por ser uma edificação térrea, com salas de aula que possuem uma área aproximada de 50m², interligadas por uma circulação coberta, no lado norte.

As janelas das salas de aula estão localizadas nas faces sul e norte. Na fachada norte, as janelas baixas tem a incidência direta da luz natural dificultada, devido à cobertura da circulação, que protege o corredor de acesso às salas; já, a partir das janelas altas e das prateleiras de luz, a luz natural é melhor distribuída no interior da sala (figura 2a). Ao sul, observam-se janelas maiores, que são as que, conforme se constaria posteriormente, contribuem mais efetivamente para o aumento da iluminação natural no interior das salas (figura 2b).

A iluminação artificial nas salas é produzida com 9 luminárias pendentes do teto, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes de 32W.



Figura 2 - Esquadrias das salas de aula, no lado norte, e prateleiras de luz (a). Esquadrias das salas de aula, no lado sul. (b)

4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos nas medições externas

Desde as primeiras horas da manhã o céu se apresentou claro, sendo que a única exceção ocorreu no horário das 15 h (parcialmente nublado), conforme mostra a figura 3 abaixo.

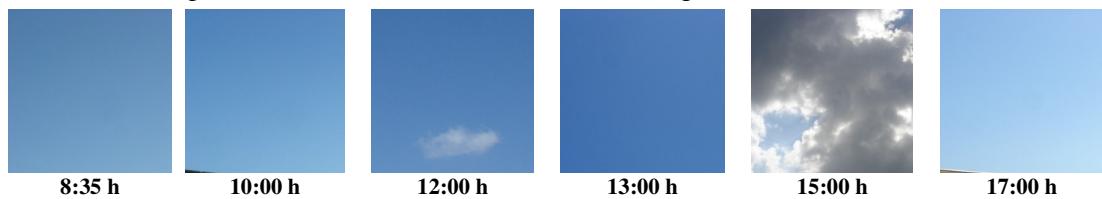


Figura 3 - Condições do céu nos horários da medição

A fim de ilustrar o comportamento da iluminação oferecida externamente, foram coletados dados

externos de iluminância com incidência de radiação solar direta no luxímetro, em intervalos de 15 minutos. Os dados constantes no Gráfico 1 representativos de sua média horária.

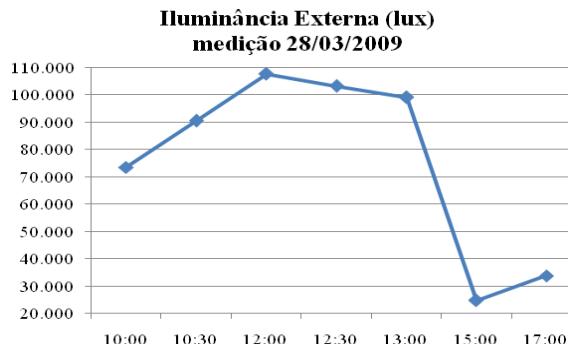


Gráfico 1 - Valores externos registrados durante a medição

Como pode ser observado no Gráfico 1, a redução da iluminância externa às 15:00h é significativa. Essa redução é decorrente do sombreamento proporcionado por nuvens que encobriram o céu, no período de medições daquele horário.

4.2 Resultados obtidos com iluminação natural

Um dos aspectos que deve ser considerado para a avaliação das condições de iluminação de um ambiente é o índice de uniformidade da iluminação (IUI), o qual é dado pela razão entre o valor mínimo e a média dos valores encontrados no compartimento. Quanto mais próximo de 1,00 estiver este valor, tanto mais uniforme será a distribuição de iluminâncias no interior dos cômodos.

Essa característica é muito desejável no caso de edificações escolares, visto que uma diferença muito grande entre as áreas menos claras e as mais claras pode causar ofuscamento nos usuários do ambiente. Neste trabalho, o coeficiente de uniformidade foi calculado para cada sala, em todos os horários de medição, e constam nas figuras 4, 5 e 6.

Também é apresentada, nas figuras que seguem, a distribuição da iluminação natural no interior das salas: a cor amarela indica os pontos onde os valores ficaram acima do valor médio, em um horário específico, a cor laranja indica os pontos onde os valores que ficaram abaixo da média, mas, acima do valor recomendado pela NBR 5413/92 e, por fim, os campos em vermelho indicam os pontos com valores inferiores a 300 lux, ou seja, abaixo do que é recomendado por norma. Além disso, as figuras apresentam os valores médios, para cada horário de medição.

A figura 4 mostra a distribuição dos valores medidos para a sala de aula “A”.

Sala A - iluminação natural - 8:35h							Sala A - iluminação natural - 10:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	858	760	466	901	837	740	A	698	911	538	541	744	907
B	532	555	490	562	599	533	B	523	604	593	546	560	551
C	381	388	362	417	444	433	C	433	454	460	448	439	373
D	307	334	330	378	337	372	D	376	387	395	390	380	356
E	304	331	347	348	346	342	E	347	359	367	369	351	327
F	288	306	331	332	329	309	F	323	347	355	352	332	314
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
Sala A - iluminação natural - 10:30h							Sala A - iluminação natural - 12:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	888	915	882	710	865	859	A	741	726	793	553	793	832
B	600	666	652	574	624	573	B	603	557	516	512	581	499
C	494	505	506	494	478	452	C	493	502	498	488	481	454
D	415	414	437	426	419	389	D	436	409	435	430	422	403
E	377	389	390	408	399	355	E	413	423	431	440	424	383
F	356	372	379	403	367	337	F	396	420	432	434	407	384
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
Sala A - iluminação natural - 12:30h							SALA A - iluminação natural - 13:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	812	843	737	717	838	838	A	869	881	815	736	838	859
B	630	661	635	620	634	602	B	573	657	657	670	691	645
C	512	531	525	524	518	476	C	532	540	564	582	602	584
D	417	486	490	489	470	435	D	458	495	504	515	496	532
E	446	466	478	489	470	421	E	508	561	578	565	554	521
F	417	449	463	487	444	413	F	500	519	568	551	531	575
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
SALA A - iluminação natural - 15:00H							SALA A - iluminação natural - 17:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	921	985	728	849	1003	986	A	1530	1301	1233	827	884	848
B	538	666	495	719	744	687	B	1189	1093	908	796	733	636
C	422	457	434	481	499	451	C	952	987	706	663	615	531
D	247	286	288	290	291	322	D	872	761	694	614	612	536
E	300	337	317	293	294	288	E	767	782	734	674	604	529
F	271	297	314	311	312	281	F	638	697	672	631	590	525
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						

Figura 4 - Distribuição da iluminação natural na sala “A”

Nos horários da manhã, apenas um dos pontos apresentou valor para iluminação natural abaixo de 300 lux. Isto é compreensível visto que esta sala é a que possui a menor projeção de cobertura pelo lado norte e, com isso, a contribuição das janelas existentes nessa fachada acaba sendo maior que nas demais salas estudadas.

Para as medições da tarde, na sala “A”, destaca-se os baixos valores para o horário das 15:00 horas, quando o céu ficou nublado e, pela distribuição dos valores de iluminação, percebe-se que as janelas baixas, do lado norte (sob a cobertura), apresentam alguma contribuição para a iluminação interna nas linhas F e E. Na linha D são encontrados os valores mais baixos; isso é decorrente do sombreamento determinado pelo trecho de parede entre a parte superior das janelas baixas e o peitoril das janelas altas, da fachada norte.

Às 17:00h, quando o sol já estava mais baixo no horizonte e alguns raios solares incidiam sobre a fachada sul da sala, foram medidos os seus valores mais elevados de iluminância. Estes pontos estão concentrados no lado sudeste da sala e seus valores mais elevados são decorrentes de sua posição relativamente à posição solar naquele horário.

Todos os coeficientes de uniformidade ficaram acima de 0,51, o que demonstra uma boa uniformidade na distribuição da iluminação no ambiente.

Na figura a seguir, são apresentados os valores medidos na sala de aula “D”.

Sala D - iluminação natural - 8:35h							Sala D - iluminação natural - 10:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	895	1085	861	598	775	702	A	961	903	632	566	686	565
B	539	626	585	579	490	429	B	571	641	596	531	482	448
C	402	409	436	385	322	334	C	450	472	319	346	356	357
D	335	340	352	339	315	297	D	392	398	394	385	360	344
E	231	238	257	250	219	219	E	351	356	362	352	346	329
F	236	256	263	263	233	234	F	307	317	320	321	312	307
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
Sala D - iluminação natural - 10:30h							Sala D - iluminação natural - 12:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	998	934	699	563	792	852	A	1019	998	986	803	995	991
B	649	661	670	653	647	652	B	773	756	731	680	578	668
C	444	443	365	407	292	350	C	581	560	464	526	574	548
D	436	443	461	462	453	425	D	555	571	586	572	563	522
E	401	418	418	421	401	391	E	514	550	620	539	559	500
F	353	379	378	376	373	355	F	531	485	495	493	476	441
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
SALA D - iluminação natural - 12:30H							SALA D - iluminação natural - 13:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	1017	1095	1001	833	997	996	A	718	1044	1013	835	877	845
B	795	789	726	738	734	520	B	782	790	799	784	799	724
C	579	556	563	538	515	468	C	703	688	685	669	671	611
D	647	653	662	656	638	612	D	708	704	723	688	694	654
E	608	620	634	620	586	581	E	668	685	701	699	669	625
F	525	560	562	563	539	487	F	565	604	617	619	599	563
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
SALA D - iluminação natural - 15:00H							SALA D - iluminação natural - 17:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	1218	986	975	797	1158	1173	A	1026	902	814	737	910	830
B	671	783	728	649	625	709	B	655	698	754	654	637	631
C	456	486	509	500	394	411	C	740	701	701	612	579	514
D	345	369	376	385	364	358	D	707	660	629	596	545	495
E	311	328	378	360	324	310	E	652	645	610	573	508	469
F	251	255	260	238	265	231	F	547	555	549	519	466	416
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						

Figura 5 - Distribuição da iluminação natural na sala “D”

Nota-se que os valores mais baixos, assim como ocorreu na sala “A”, foram registrados no primeiro horário da manhã e às 15:00h (devido ao céu nublado). Porém, como a área de cobertura da circulação no lado noroeste é maior, não houve uma contribuição significativa das janelas baixas para a iluminação da sala. Assim, a diferença entre o menor e o maior valor medido às 15:00h foi de quase 1000 lux e, com isso, o coeficiente de uniformidade nesse horário de medição foi o pior entre todos os registrados.

Na figura 6 são apresentados os valores de iluminância para a sala “E”, que é a que possui a maior projeção de cobertura da circulação, do lado norte.

Sala E - iluminação natural - 8:35h							Sala E - iluminação natural - 10:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	775	831	587	652	780	681	A	748	730	562	646	717	663
B	459	541	508	494	495	465	B	460	506	499	485	491	459
C	343	363	359	321	321	316	C	374	392	404	394	373	334
D	283	321	331	318	294	264	D	336	355	364	358	332	297
E	269	286	290	274	264	242	E	310	339	345	337	315	300
F	243	262	258	257	237	215	F	289	309	316	303	278	244
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
Sala E - iluminação natural - 10:30h							Sala E - iluminação natural - 12:00h						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	820	851	696	760	832	773	A	865	868	740	784	848	755
B	532	602	574	561	562	516	B	600	654	620	609	604	551
C	422	454	465	444	426	379	C	507	541	546	521	502	443
D	372	408	413	404	374	334	D	481	518	513	506	465	426
E	356	380	384	375	344	318	E	460	498	500	479	442	397
F	327	349	353	340	315	271	F	420	445	446	432	392	329
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
SALA E - iluminação natural - 12:30H							SALA E - iluminação natural - 13:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	862	890	749	811	846	773	A	898	901	768	828	852	780
B	647	683	660	657	637	577	B	680	705	689	678	666	562
C	571	605	600	585	548	491	C	616	648	616	627	590	521
D	563	602	600	587	534	483	D	616	652	657	637	587	523
E	542	579	577	561	506	457	E	590	630	634	612	560	495
F	496	506	515	494	458	413	F	529	563	568	542	496	432
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						
SALA E - iluminação natural - 15:00H							SALA E - iluminação natural - 17:00H						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
A	1063	1000	765	887	992	864	A	879	839	699	736	746	679
B	626	642	658	571	644	376	B	669	676	607	589	571	500
C	400	392	374	334	309	297	C	583	588	551	496	455	401
D	312	328	336	318	293	273	D	573	566	529	430	408	380
E	281	298	334	310	299	255	E	555	545	506	466	406	351
F	241	257	258	250	225	211	F	491	499	460	422	373	321
iluminância média [lux]							iluminância média [lux]						
coeficiente de uniformidade							coeficiente de uniformidade						

Figura 6 - Distribuição da iluminação natural na sala “E”

Observa-se, nas medições da manhã da sala “E”, que no horário das 8:35h, todos os pontos próximos da face norte apresentaram valores de iluminância abaixo do valor recomendado pela Norma. Outro aspecto diferenciado da sala “E” foi o de apresentar medições, em alguns pontos, abaixo de 300 lux, nos horários das 10:00h e 10:30h.

Já, nas medições da tarde, destacam-se os valores medidos no horário das 15:00h, quando o céu estava parcialmente encoberto e, mesmo apresentando os valores diários mais elevados, para esta sala, no que concerne aos pontos localizados junto à fachada sul, no lado norte vários pontos foram identificados com iluminância abaixo dos 300 lux. Também se nota que, nesse horário, o coeficiente de uniformidade ficou em 0,47 e foi um dos mais baixos de todas as medições realizadas.

4.3 Resultados das salas de aula com iluminação artificial

Quando são ligadas as lâmpadas fluorescentes das salas os valores de iluminância aumentam significativamente em todos os pontos. Para poder calcular a efetiva contribuição e verificar o acréscimo que a iluminação artificial proporciona seria necessário que as medições fossem realizadas nos mesmos 36 pontos utilizados para a iluminação natural, no entanto, por uma questão de metodologia pré-estabelecida em uma pesquisa anterior realizada no mesmo prédio, foram escolhidos os nove pontos localizados na projeção das luminárias pendentes.

Nas figuras abaixo, são apresentados os valores medidos com a iluminação natural acrescida da iluminação artificial nas três salas que são objeto desse estudo. Da mesma forma que para a iluminação natural, os pontos localizados na linha “A” são os que estão mais próximos das janelas do lado sul das salas (janelas maiores) e que apresentam os maiores valores medidos.

Illum. Artificial -Sala A - 8:35h				Illum. Artificial -Sala A - 10:00h				Illum. Artificial -Sala A - 10:30h				Illum. Artificial -Sala A - 12:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1199	898	1328	A	1193	959	1086	A	1340	1036	1089	A	1250	1016	1000
B	620	732	890	B	909	832	742	B	941	836	685	B	937	878	759
C	534	633	599	C	578	663	512	C	629	688	566	C	658	738	600
Iluminância média				Iluminância média				Iluminância média				Iluminância média			
826				828				868				871			
Illum. Artificial -Sala A - 12:30h				Illum. Artificial -Sala A - 13:00h				Illum. Artificial -Sala A - 15:00h				Illum. Artificial -Sala A - 17:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1227	993	980	A	1256	1020	1051	A	1413	1420	1785	A	1839	1165	1097
B	957	862	744	B	1051	978	753	B	1069	1239	1299	B	1495	1122	849
C	710	773	665	C	762	869	817	C	933	924	679	C	942	905	734
Iluminância média				Iluminância média				Iluminância média				Iluminância média			
879				951				1196				1128			

Figura 7 - Distribuição das iluminâncias na sala “A”, quando a iluminação natural é conjugada com a iluminação artificial

Na figura 7, observa-se que todos os valores ficaram acima de 500 lux, e, na média de cada horário os valores superaram os 800lux.

Illum. Artificial -Sala D - 8:35h				Illum. Artificial -Sala D - 10:00h				Illum. Artificial -Sala D - 10:30h				Illum. Artificial -Sala D - 12:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1193	1004	955	A	941	899	941	A	1112	1035	1140	A	1377	1229	1351
B	748	783	639	B	739	798	701	B	840	888	801	B	996	1042	933
C	575	635	555	C	612	663	588	C	679	767	684	C	787	905	817
Iluminância média				765				883				1049			
Illum. Artificial -Sala D - 12:30h				Illum. Artificial -Sala D - 13:00h				Illum. Artificial -Sala D - 15:00h				Illum. Artificial -Sala D - 17:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1303	1059	1210	A	1361	1209	1255	A	1290	1233	1355	A	1341	1042	1135
B	1003	1112	962	B	1096	1131	1026	B	1189	1299	1073	B	1083	987	820
C	851	846	775	C	928	1029	908	C	1014	939	627	C	857	837	658
Iluminância média				1105				1113				973			

Figura 8 - Distribuição das iluminâncias na sala “D”, quando a iluminação natural é conjugada com a iluminação artificial

Na figura 8, são apresentados os pontos medidos com as lâmpadas fluorescentes acesas na sala “D”. Nesta sala observa-se um ganho significativo proporcionado pela iluminação artificial, principalmente no primeiro horário da manhã e às 15:00h da tarde, quando vários pontos haviam ficado abaixo do que é recomendado pela NBR-5413, quando considerada apenas a iluminação natural. Os valores médios de cada horário também se mantiveram elevados. Destaca-se o quadro das 13:00h e das 15:00h quando quase todos os pontos medidos ficaram acima de 1000lux.

Illum. Artificial -Sala E - 8:35h				Illum. Artificial -Sala E - 10:00h				Illum. Artificial -Sala E - 10:30h				Illum. Artificial -Sala E - 12:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1199	898	1328	A	1130	858	913	A	1106	974	1042	A	1139	1018	1100
B	620	732	890	B	688	754	643	B	729	806	672	B	827	897	798
C	534	633	599	C	532	603	506	C	565	638	541	C	669	757	656
Iluminância média				736				786				873			
Illum. Artificial -Sala E - 12:30h				Illum. Artificial -Sala E - 13:00h				Illum. Artificial -Sala E - 15:00h				Illum. Artificial -Sala E - 17:00h			
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
A	1174	1049	1098	A	1157	995	1089	A	1416	1213	1407	A	1130	962	849
B	895	869	790	B	965	1018	866	B	1104	1140	952	B	896	875	717
C	753	802	699	C	819	922	768	C	869	790	530	C	738	742	581
Iluminância média				903				1047				832			

Figura 9 - Distribuição das iluminâncias na sala “E”, quando a iluminação natural é conjugada com a iluminação artificial

Na figura 9, são apresentados os pontos medidos após o acendimento das lâmpadas na sala “E”. Assim como na sala “D”, os valores medidos nesta sala foram os mais elevados do dia. Os demais valores medidos ao se utilizar a iluminação natural acrescida de iluminação artificial, ficaram acima de 500lux, conforme é recomendado pela NBR-5413/1992.

4.4 Médias dos valores medidos junto aos quadros verdes

Segundo a NBR 5413 (ABNT, 1992), junto aos quadros a iluminância deve ser igual ou superior a 500 lux. Para avaliar essas iluminâncias foram selecionados cinco pontos distribuídos no quadro verde (ver figura 1). Nos valores médios, para qualquer horário, considerando-se a média dos cinco pontos foram encontrados valores superiores a 500lux.

Na sala “A”, com exceção da média dos valores medidos às 15:00h, em todos os demais horários a média ficou acima dos 500 lux recomendados.

Na sala “D”, em todos os horários, a iluminação natural não foi suficiente para manter a média da iluminação sobre o quadro verde acima de 500 lux . Já, com o acréscimo proporcionado pela iluminação artificial, praticamente todas as médias ficaram acima do valor recomendado pela NBR-5413 (a única exceção ocorreu às 10:00h, mas com um valor médio muito próximo dos 500lux).

Na sala “E”, os valores para iluminação natural ficaram abaixo do recomendado. Percebe-se, também, que às 10:00h, mesmo com o acréscimo proporcionado pelo acendimento das lâmpadas da sala “E”, o valor médio ficou um pouco abaixo dos 500lux. Nos demais horários a média dos pontos superou os 500lux, quando com o uso da iluminação artificial.

Entretanto, apesar de os valores médios com iluminação artificial terem ficado acima dos 500lux, ao se analisar os valores medidos separadamente, observou-se que, em muitos horários, não havia a devida uniformidade necessária para atender às recomendações da NBR 5413 (ABNT, 1992).

4.5 Fator de Luz Diurna

Segundo a NBR 15215-3, um projeto que avalia a iluminação natural deve considerar a medida desta, em um dado local, como uma percentagem da iluminação externa. Este valor é também chamado de "Daylight Factor - DF" ou fator de luz diurna. O DF é definido como a razão entre a iluminância E_p em um ponto, localizado em um plano horizontal interno, devido à luz recebida, direta ou indiretamente, da abóbada celeste, com uma distribuição de luminâncias assumida ou conhecida, e a iluminância simultânea E_E , em um plano externo horizontal, determinado pela abóbada celeste desobstruída.

Ainda consta na Norma que, “na sua formulação original, o DF é assumido como uma constante, para todos os pontos de um ambiente, independentemente da iluminância horizontal externa, produzida por céus com uma distribuição de luminâncias uniformemente constante, com relação ao azimute (céus uniformes e encobertos)”. Devido ao céu característico do local ser desobstruído e com poucas nuvens, decidiu-se por comparar os resultados obtidos em todos os pontos internos, com suas correspondentes iluminâncias externas, para o horário das 15 horas (figura 10). Deve ser destacado que os valores de iluminância externa foram medidos “sem exclusão” da radiação solar direta incidente sobre o luxímetro, para fins meramente especulativos e de investigação, já que a Norma recomenda a exclusão da radiação solar direta, registrando-se apenas a radiação difusa oriunda do céu.

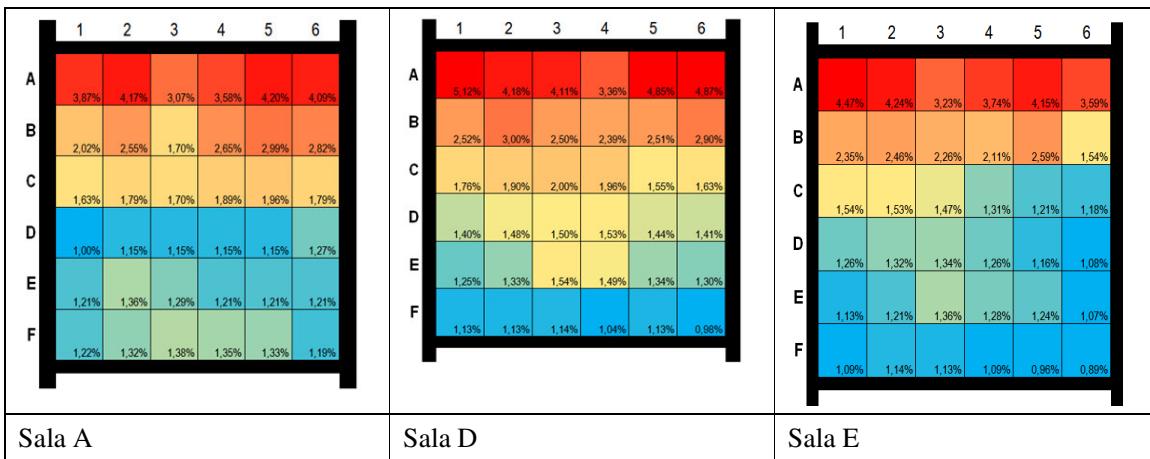


Figura 10: Fator de luz diurna, ponto a ponto, no horário das 15 horas.

Pôde-se, assim, observar a variação do fator de luz diurna, conforme a posição do ponto avaliado no interior do compartimento e a variação das condições de iluminação externa, como demonstrado na figura 10. Nota-se que os percentuais mais elevados se encontram nos pontos próximos às janelas do lado sul, como já havia sido observado anteriormente, e que avaliando os valores de fator de luz diurna, para os diversos pontos, observam-se valores que se diferenciam entre si em até 4%, portanto, muito distante da constância referida pela Norma.

5 CONCLUSÕES

Considerando que a NBR 5413 (ABNT, 1992) indica que os valores de iluminância em uma sala de aula devem ser iguais ou superiores a 300 lux, as **iluminâncias médias** obtidas em cada horário, nas salas analisadas, apresentaram níveis de iluminação adequados, com valores acima do recomendado, na maior parte do tempo.

Nas três salas analisadas, os pontos mais próximos das janelas da face sul das salas apresentaram valores de iluminância superiores àquelas dos pontos medidos junto à face norte. Isso demonstra que, para a edificação escolar analisada, a principal fonte de luz natural dos ambientes é determinada pelas janelas do lado sul, e que, embora as janelas do lado norte possam contribuir para a iluminação das salas, isso não ocorre junto a parede norte, visto que, em alguns horários, conforme mostram os níveis de iluminância medidos, que apontam valores abaixo dos 300 lux recomendados.

Entretanto, em tais circunstâncias de insuficiência de iluminação, a iluminação artificial suplementar permitiu que todos os valores medidos nos diversos pontos ficassem acima dos 300 lux. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o uso de iluminação artificial é necessário apenas durante as primeiras horas da manhã e nos momentos em que o céu fica consideravelmente encoberto por nuvens.

O coeficiente de uniformidade, calculado para a iluminação natural sobre o plano de trabalho, pode ser considerado satisfatório, para praticamente todos os horários.

Para os pontos com iluminação natural medidos junto aos quadros verdes, os níveis de iluminância média se mostraram insatisfatórios, ficando abaixo dos 500 lux, durante a maior parte do tempo. Porém, esse problema é inexistente com o uso complementar de iluminação artificial.

O estudo de iluminâncias internas e fator de luz diurna, medido ponto a ponto, e realizado para o horário das 15 horas, mostrou-se bastante esclarecedor, para que avaliemos o quanto a posição interna dos pontos e a variação das condições lumínicas externas são influentes para na definição precisa deste fator.

A partir do levantamento e da análise dos dados, pode-se concluir que, de uma forma geral, os ambientes analisados atendem aos requisitos de conforto visual necessários à realização das tarefas por seus usuários.

6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores.** Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **NBR 15215-1: Iluminação Natural: parte 1: Conceitos Básicos e Definições.** Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15215-2: Iluminação Natural: parte 2: Procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.** Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15215-3: Iluminação Natural: parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15215-4: Iluminação Natural: parte 4: Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna de Edificações: Método de Medição.** Rio de Janeiro, 2005.
- BOGO, A. J.; PEREIRA, F. O. R. **Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Escolas pela Utilização da Iluminação Natural.** São Paulo, 1998
- HADDAD, J.; YAMACHITA, R. A. **Os avanços tecnológicos em sistemas de iluminação e o correspondente impacto na eficiência energética das instalações.** XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Curitiba, 2005.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na arquitetura.** São Paulo: Pw, 1997. 192 p.
- MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios.** Porto Alegre: Sagra/DC Luzzatto, 1992.