

CONSIDERAZIONI SULLA LUCE NELLA TRIBUNA DEL BUONTALENTI

ANDREA SINISCALCO¹

Nel presente contributo sono proposte alcune considerazioni riguardo allo stato attuale dell'illuminazione della Tribuna del Buontalenti agli Uffizi, ricavate da un'osservazione effettuata nel marzo del 2024 nell'ambito del progetto PRIN PNRR 2022 «Darkscape Experience» (DSE). La Tribuna è stata in prima istanza osservata nelle attuali condizioni di lume, nell'interazione tra la luce naturale (al mattino e con cielo coperto) e quella artificiale; in un secondo momento, con la sola illuminazione del giorno.

L'impianto di luce artificiale è composto da apparecchi di illuminazione a fascio luminoso di ampiezza ridotta, orientati perlopiù sulle opere esposte. Sei proiettori sono situati nella 'lanterna' a pianta ottagonale, che domina dall'alto lo spazio della Tribuna. Due proiettori con una tonalità di luce fredda sono puntati verso la volta della lanterna, al fine di esaltarne i colori freddi. Gli altri quattro proiettori puntano verso il basso, orientati sulla *Venere de' Medici*. Fra cupola e tamburo è presente una cornice marcapiano

¹ Dipartimento di Design, Politecnico di Milano.

sulla quale sono installati circa ottanta piccoli proiettori orientati verso le pareti rivestite di velluto rosso, per illuminare le opere su di esse collocate nonché le statue esposte nell'area sottostante. I faretti sono tutti dotati di alettatura antiabbagliamento, e otto di essi, posti alla base di ogni costone della cupola, sono stati equipaggiati con un filtro rosso-ambra, che ha plausibilmente la funzione di enfatizzare il colore rosso delle pareti.

Lo scopo di questo contributo non è comunque quello di una valutazione illuminotecnica sullo stato dell'impianto di illuminazione artificiale, il quale nonostante fornisca livelli di illuminamento adeguati e non risulti invasivo in termini di visibilità degli apparecchi, produce un'illuminazione puntuale sulle opere, in uno scenario luminoso stabile, privo di dinamicità. Per poter creare un'illuminazione artificiale che rispetti i modi di fruizione e le abitudini percettive dei primi fruitori cinquecenteschi di questi spazi bisognerebbe probabilmente assumere scelte meno convenzionali di quelle che si intraprendono ogni giorno, nell'illuminazione museale fatta 'a regola d'arte'.

Nelle pagine che seguono è proposta, piuttosto, una valutazione sulla luce naturale che si diffonde all'interno della Tribuna del Buontalenti. Osservando la lanterna, su ogni lato dell'ottagono si scorgono delle finestre che consentono alla luce naturale di entrare e riversarsi nell'ambiente sottostante con direzionalità diversa in funzione dell'ora della giornata o della stagione. La luce che proviene dalla lanterna incide sulla cupola della Tribuna, dove sono disposte circa seimila valve di ostriche dal labbro nero. Oltre che sulle conchiglie, la luce colpisce la sottostante estesa superficie di lacca rossa e foglia d'oro.

L'insieme di lanterna e cupola funziona come una grande 'camera di miscelazione' che ha l'effetto di 'stabilizzare' la luce naturale che entra dal punto più alto della Tribuna. La luce del giorno prodotta dal sole, influenzata grandemente dalla volta celeste e in maniera minore dal pulviscolo disperso nell'aria, ha la caratteristica di mutare continuamente, spesso anche a vista d'occhio. Quando però la luce del giorno entra nella lanterna, le molteplici interreflessioni che riceve ne vanno in parte a smorzare la direzionalità. Il materiale di cui è composta la struttura, infatti, riflette

la luce in modo diffuso, disperdendola in tutte le direzioni, in quanto rispetto alle componenti in grado di riflettere la luce specularmente, in modo più 'ordinato', prevalgono le superfici diffuse.

Oltre all'effetto di 'smorzamento' della direzionalità operato dalla lanterna, i materiali presenti nel comparto sottostante, quello della cupola, contribuiscono ad una ulteriore modifica della qualità della luce entrante. La luce naturale varia, come detto, in funzione dell'ora del giorno, della stagione e per via delle condizioni climatiche; non bisogna dimenticare come l'energia che raggiunge la superficie del pianeta contenga comunque tutte le radiazioni visibili dagli esseri umani, con lunghezze d'onda tra 380 e 780 nanometri oltre a un gran numero di radiazioni non visibili (tra cui ultravioletti e infrarossi, dannosi per le opere d'arte); l'insieme di queste radiazioni (la distribuzione spettrale) consente la visione dei colori per come comunemente li conosciamo (fig. 1).

Quando la luce incide su un materiale colorato, parte di questa energia è assorbita (e convertita perlopiù in calore); la luce riflessa è quindi mancante di alcune lunghezze d'onda e appare colorata. Questo semplice fenomeno determina l'apparenza cromatica delle superfici, il cui colore è dato dalla somma delle radiazioni che non vengono assorbite, bensì riflesse. La cupola sotto la lanterna è composta da materiali che determinano questo fenomeno, contribuendo a modificare ulteriormente la luce che si diffonde nell'ambiente sottostante. Lo smalto in lacca di cocciniglia e la foglia d'oro assorbono parte della radiazione blu della luce naturale, con l'effetto di 'scaldare' la luce riflessa. La madreperla delle conchiglie (sapientemente orientate), pur avendo un minore potere di assorbimento, contribuisce a modificare la direzionalità della luce, rendendone l'apparenza ancora più eterea, soprattutto quando l'impianto di luce artificiale viene spento. Il fenomeno dell'assorbimento della luce più fredda è operato anche dalle pareti sottostanti ricoperte di velluto rosso, fortunatamente ripristinate nell'ultima ristrutturazione del 2012². Notevole appare la

² Si veda il saggio di Occhipinti, pubblicato in questo stesso fascicolo di «*Horti Hesperidum*».

loro abilità di modificare lo spettro luminoso in riflessione in modo simile alla cupola, riflettendo una luce privata della sua componente più fredda.

Nonostante lo spazio presenti numerosi elementi che contribuiscono a ‘scaldare’ la luce diffusa, è importante considerare due fattori che portano a una riduzione di questo effetto. Il primo è che parte della luce naturale riesce comunque a raggiungere lo spazio inferiore della Tribuna, propagandosi direttamente dalla lanterna, senza interazioni con la cupola o le pareti; il secondo attiene al fenomeno della ‘costanza cromatica’. La costanza cromatica è un meccanismo fisiologico e neurale (ben noto alla comunità scientifica) che consente agli esseri umani di discriminare accuratamente i colori anche sotto sorgenti di luce con tonalità (spettri) molto diverse fra loro³.

Procedendo al di sotto alla cupola verso il pavimento della Tribuna, sono presenti otto finestre (una delle quali occlusa, presumibilmente da un impianto di ventilazione). Queste finestre, significativamente ampie, permettono di rivolgere lo sguardo, dal basso, in direzione della volta celeste. Nonostante non risultino perfettamente trasparenti e siano dotate di un’occhiellatura appositamente disegnata, esse consentono l’ingresso nello spazio di una grande quantità di luce naturale. A differenza di quella che arriva dalla lanterna, però, la luce che giunge dalle otto finestre non subisce alcun gioco di interreflessioni ed entra nello spazio in modo più diretto. In tempi antichi, le superfici trasparenti di queste finestre erano in «cristallo orientale»⁴, un materiale che presumibilmente operava una modifica alla luce filtrandola (questa volta a seguito del fenomeno della trasmissione) e rendendola ‘mielata’ per via dell’assorbimento di alcune lunghezze d’onda, probabilmente le più fredde. Anche in quel caso la luce veniva privata – «purgata»⁵ – di alcuni colori, diventando più calda prima

³ GEGENFURTNER, WEISS, BLOJ 2024.

⁴ BOCCHI 1591, per cui si veda l’articolo di Carmelo Occhipinti, in questo stesso fascicolo di «Horti Hesperidum».

⁵ BOCCHI 1591, p. 50: «Sotto alla volta della cupola sono otto finestre di bellissimo artificio, commesse, perché facciano lume più purgato, di cristallo orientale», citato e discusso nell’articolo di Carmelo Occhipinti, in questo stesso fascicolo di «Horti Hesperidum».

di diffondersi nell'ambiente sottostante. I recenti restauri hanno portato alla sostituzione dell'originario «cristallo orientale» con un più trasparente cristallo veneziano, che non produce alcun fil-traggio, lasciando la luce naturale libera di entrare con tutte le lunghezze d'onda visibili (e non), con la conseguenza di perdersi quell'effetto di omogeneità nella diffusione della luce che invece caratterizzava la sezione superiore alle finestre. Inoltre, a seguito del restauro del 2012, le tende che consentivano di oscurare le otto finestre – che un precedente restauro aveva reintrodotta – sono state rimosse, creando di fatto un problema di percezione visiva, che è tale da affliggere i visitatori indipendentemente dall'accensione o meno dell'impianto di illuminazione elettrico. Il campo visivo umano è ampio, e può arrivare (pur con sensibili perdite di risoluzione), a circa 150° verticalmente⁶. Questo implica che il visitatore, nell'atto di osservare le opere presenti nella Tribuna durante il giorno, si trovi nel proprio campo visivo una o più finestre, sperando di conseguenza un problema visivo legato al cosiddetto contrasto di luminanza. La luminanza rappresenta la luminosità di superfici e oggetti, secondo come essa è precipita da parte di un osservatore; può essere influenzata dalle dimensioni dell'area dell'oggetto (maggiore è la dimensione della superficie, minore è la luminosità percepita) e dall'indice di riflessione dei materiali, ovvero da quanta luce essi riflettono verso l'osservatore. La luminosità percepita proveniente dalle finestre poste sotto la cupola risulta essere, naturalmente, di gran lunga più alta di quella delle pareti sottostanti. Una tale differenza può causare un problema che la specifica tecnica del Comitato Europeo per la Normazione (CEN) definisce bagliore (UNI, 2014). Il bagliore si ha quando sorgenti di illuminazione artificiale o naturale, dirette o riflesse, hanno luminanza troppo elevata rispetto a quella generale nel campo di vista dell'osservatore. Se questa considerazione è fatta relativamente ad un impianto di illuminazione artificiale di solito i bagliori sono causati dalle lampade che finiscono direttamente nel campo visivo dei soggetti; se la valutazione è fatta relativamente all'illuminazione naturale l'esempio

⁶ TRAQUAIR 1938.

più comune è dato dalle finestre, o dai riflessi da esse provocati (fig. 2).

La normativa al riguardo suggerisce di eliminare i bagliori in quanto possono compromettere seriamente la visione delle opere e causare ‘abbagliamento molesto’ (fig. 3), ovvero il disagio derivante da una forte sorgente di illuminazione presente nel campo visivo, che rende difficile l’adattamento dell’occhio a livelli di luminanza troppo differenti fra loro (UNI, 2021). Un metodo comunemente applicato nella progettazione degli impianti di illuminazione artificiale consiste nel non posizionare alcuna sorgente di illuminazione entro il cosiddetto ‘volume d’offesa’. Tracciando delle linee ideali dal punto di osservazione preferenziale è possibile delineare un’area specifica nello spazio, il volume d’offesa appunto; qualsiasi sorgente posta in tale area finirà inevitabilmente nel campo visivo dell’osservatore creando un bagliore (fig. 4). Questa pratica progettuale risulta tuttavia poco attuabile nel caso di finestre e lucernai, specie se in gran numero, e di superficie estesa, in quanto non potendo tali aperture essere spostate imporrebbero come unica soluzione quella di spostare le opere d’arte in posizioni favorevoli. Nella Tribuna, tuttavia, il visitatore si muove liberamente e le finestre circondano l’intero spazio; non è possibile trovare una posizione che consenta di evitare bagliori.

La soluzione migliore pare quella già applicata in più occasioni in passato. Disponiamo di numerose testimonianze, sia antiche che recenti, antecedenti alla ristrutturazione del 2012, circa la presenza di una schermatura, mediante tendaggi, delle finestre sottostanti la cupola⁷. Già nel 1782, Luigi Lanzi sottolineava come un corretto utilizzo delle tende, e non una totale apertura delle

⁷ Si rinvia alla documentazione storica dal Cinquecento all’Ottocento discussa da Carmelo Occhipinti nell’articolo apparso su questo stesso numero di «Horti Hesperidum».

finestre alla luce del giorno, consentisse di controllare l'illuminazione per meglio osservare e disegnare le opere esposte⁸.

Durante il rilievo da noi effettuato presso la Tribuna sono state prese alcune misure di luminanza (luminosità percepita dall'osservatore) e di illuminamento (quantità di flusso luminoso che ricade su una data superficie). La misura di questi due valori permette di valutare in modo semplificato (figg. 5 e 6) l'indice di riflessione di alcuni materiali dello spazio. L'indice di riflessione è descritto da un valore adimensionale che indica quanta luce viene riflessa da un materiale. I valori possono variare da 0 (nel caso di un materiale ideale completamente assorbente) a 1 (nel caso di un materiale ideale completamente riflettente).

Le pareti e i materiali presenti nella Tribuna sono mediamente piuttosto scuri e consentono una buona lettura delle opere: di certo di gran lunga migliore rispetto a quando, nel 1952, le pareti vennero private del velluto rosso rimanendo completamente bianche. In quel contesto la visibilità delle opere era sicuramente peggiore, per via del contrasto fra l'opera e il suo sfondo. Là dove il contrasto sia eccessivo (come di fronte a sfondo chiaro e opera scura, o viceversa), **il sistema visivo tenta di** adattarsi ai due livelli di luminanza ma senza arrivare ad una corretta percezione dei dettagli; l'osservatore in tal caso riesce a percepire i contorni dell'opera, ma non i dettagli che la caratterizzano. Sebbene nello spazio siano presenti statue più illuminate e statue più in ombra, i rispettivi indici di riflessione sono comunque molto lontani da quelli che può avere una parete completamente bianca; le statue di marmo come ad esempio la *Venere*, l'*Arrotino*, i *Lottatori* e il *Satiro danzante* hanno indici di riflessione inferiori a 0.5, mentre il *Fanciullo togato*, in basanite, raggiunge un valore inferiore a 0.08. L'eccessivo contrasto con lo sfondo, tuttavia, non è l'unico fattore che può compromettere la percezione delle opere. Sono numerosi i disegni e i dipinti che ritraggono la Tribuna con le finestre coperte dalle tende; diversi testimoni hanno ricordato

⁸ LANZI 1782, per cui si veda l'articolo di Carmelo Occhipinti apparso su questo stesso numero di «Horti Hesperidum».

all'interno di questo spazio una luce ben direzionata che veniva quasi sempre da una sola finestra, mentre le altre rimanevano oscurate⁹.

Una forte direzionalità della luce, contrapposta a una diffusione in tutte le direzioni, contribuisce a una migliore percezione del modellato delle statue; attraverso le ombre, si costruisce la percezione della tridimensionalità, che viene invece contrastata dalla luce diffusa. L'utilizzo di luce direzionale per favorire l'apprezzamento della tridimensionalità degli oggetti è consigliato in tutti i settori della progettazione illuminotecnica, tant'è che l'Illuminating Engineering Society of North America, lo *standard* americano per la progettazione della luce nei musei, dedica ampio spazio a questo argomento e alla luce naturale¹⁰.

Sempre in merito alla luce naturale che entra liberamente nello spazio espositivo, è bene citare un altro importante fattore, quello del potenziale danno che può derivare alle opere a seguito dell'esposizione alla luce¹¹, la quale può essere coinvolta nei seguenti fenomeni:

- Effetto fotochimico, quando la luce, specialmente nelle corte lunghezze d'onda, e gli UV (presenti nella luce del giorno) alterano chimicamente i pigmenti delle opere;
- Effetto di riscaldamento radiante, quando l'energia degli infrarossi (presenti nella luce del giorno) e della radiazione visiva in genere provoca espansione termica e seguente contrazione dei materiali delle opere, causandone l'infragilimento e la fessurazione;
- Crescita di organismi biologici, in quanto la luce favorisce lo sviluppo e la crescita di organismi fototropici che possono danneggiare le opere.

Le opere d'arte sono classificabili, in base alla normativa, in quattro categorie di sensibilità alla luce: 1) non sensibili, 2) bassa sensibilità, 3) media sensibilità, 4) alta sensibilità; le opere presenti

⁹ Anche qui si deve rinviare alle testimonianze presentate e discusse da Carmelo Occhipinti nell'articolo apparso su questo stesso numero di «Horti Hesperidum».

¹⁰ ANSI/IES, 2020.

¹¹ CIE 2004.

nella Tribuna rientrano perlopiù nella categoria a bassa sensibilità. Tuttavia, questo non significa che siano completamente immuni dai danni della radiazione: le opere in questa categoria non dovrebbero essere sottoposte a un illuminamento superiore a 200 lux per più di 3000 ore all'anno.

Anche da un punto di vista percettivo, l'aumento della luce non comporta una migliore visione. La quantità di luce negli spazi espositivi incide in maniera inversamente proporzionale sulla nostra capacità di distinguere fra differenti livelli di illuminamento; ciò che accade è che il nostro sistema visivo a bassi livelli di illuminazione ci consente di distinguere differenze di pochi lux, ma aumentando la quantità di luce, la nostra sensibilità ne risulta grandemente compromessa, al punto che non siamo più in grado di percepire differenze considerevoli. In ambito progettuale questo porta spesso a sovrailluminare le superfici con conseguente spreco di energia e affaticamento visivo in caso di esposizione prolungata. In condizioni di corrette di illuminazione, sovrailluminare non è necessario.

Volendo trarre delle conclusioni da quanto osservato, si potrebbero suggerire dei semplici interventi atti a rendere la percezione dello spazio della Tribuna più coerente rispetto alle intenzioni di chi la progettò e ne curò i primi allestimenti espositivi.

Le finestre della lanterna rappresentano, nel progetto originale, l'elemento dell'aria, a cui sono riconducibili i colori e la luce. L'utilizzo di pellicole o filtri all'esterno delle finestre permetteva di tagliare le porzioni più dannose della radiazione (gli infrarossi, ma soprattutto gli ultravioletti). Tuttavia, questa soluzione, in relazione alla tipologia di filtro utilizzato, potrebbe incidere sulla cromaticità della luce in entrata. Per valutare eventuali abbassamenti degli indici di resa cromatica (capacità di riprodurre fedelmente i colori) introducendo nuovi filtri sarebbero necessarie misurazioni spettrali.

Le otto finestre poste sotto la cupola dovrebbero potersi chiudere, secondo la necessità, nei diversi momenti del giorno. I tendaggi, o simili meccanismi di oscuramento, ridurrebbero notevolmente i bagliori nella zona sottostante e consentirebbero (se dotati di un sistema di governo) di direzionare la luce sulle opere

in maniera controllata, aiutando a recuperare il concetto di 'lume alto', già teorizzato da Leonardo da Vinci¹².

Controllare la chiusura delle finestre servirebbe a rendere lo spazio molto più flessibile, senza negare la possibilità di una completa apertura, qualora il caso lo richiedesse.

Relativamente all'impianto di luce artificiale, una possibilità interessante sarebbe quella di progettare un sistema di illuminazione artificiale portatile che simuli l'effetto che producevano i lumi ai tempi del granduca Francesco, così da poter esperire le opere attraverso un'illuminazione mobile, più tenue, che consenta un'esplorazione dinamica dello spazio. La tecnologia moderna consente di replicare artificialmente la sembianza della luce della candela, senza esporre le opere alla pericolosità delle fiamme libere. Il colore della fiamma è molto differente da quello della luce elettrica attualmente installata. Creare delle sorgenti di luce trasportabili permetterebbe di osservare la Tribuna modificando continuamente la percezione dei rapporti di chiaro e scuro, con la possibilità di esperire la diversa capacità di riflessione o di translucenza dei materiali, senza che venga soffocata dalla troppa radiazione presente. Questa potrebbe diventare un'esperienza unica, realizzabile senza fare ricorso a grandi quantità di energia o a un numero elevato di apparecchi di illuminazione.

¹² OCCHIPINTI 2021, pp. 197-229.

Bibliografia

- ANSI/IES 2020 = Illuminating Engineering Society of North America, *ANSI/IES RP-30-20 Recommended practice: lighting museums*, New York 2020
- BOCCHI 1591 = Francesco Bocchi, *Le bellezze della città fi Fiorentina*, Firenze 1591
- CIE 2004 = Commission Internationale de l'Éclairage, *CIE 157:2004 Control of damage to museum object by optical radiation*, Vienna 2004
- GEGENFURTNER, WEISS, BLOJ 2024 = Karl R. Gegenfurtner; David Weiss; Marina Bloj, *Color constancy in real-world settings*, in «Journal of vision», 24, 2024, 2
- LANZI 1782 = Luigi Lanzi, *La Real Galleria di Firenze accresciuta e riordinata per comando di S.A.R. l'Arciduca Granduca di Toscana*, Firenze 1782
- OCCHIPINTI 2021 = Carmelo Occhipinti, *Caravaggio e la tradizione leonardiana del «lume alto»*, in «Horti Hesperidum», 2021, 2
- OCCHIPINTI 2022 = Carmelo Occhipinti, *Leonardo da Vinci e la "luminazione" della pittura e della scultura*, in «Horti Hesperidum», 2022, 2
- TRAQUAIR 1938 = Harry Moss Traquair, *An Introduction to Clinical Perimetry*, Londra 1938
- UNI 2014 = UNI CEN/TS 16163:2014, *Conservazione dei beni culturali - Linee guida e procedure per scegliere l'illuminazione adatta a esposizioni in ambienti interni*, Brussels 2014
- UNI 2021 = UNI EN 12464-1:2021, *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni*, Brussels 2021

Funzioni di efficienza luminosa

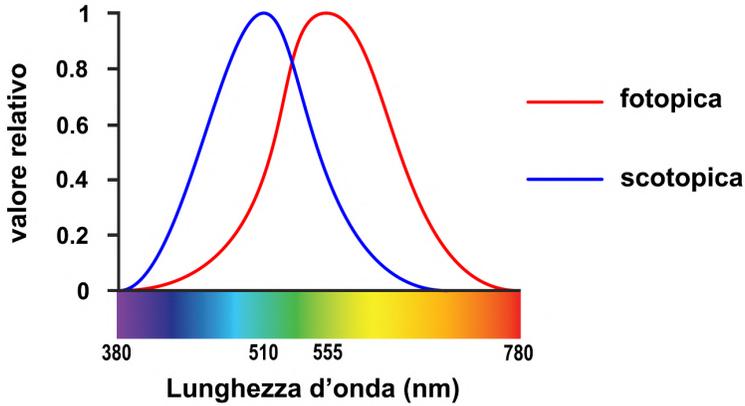


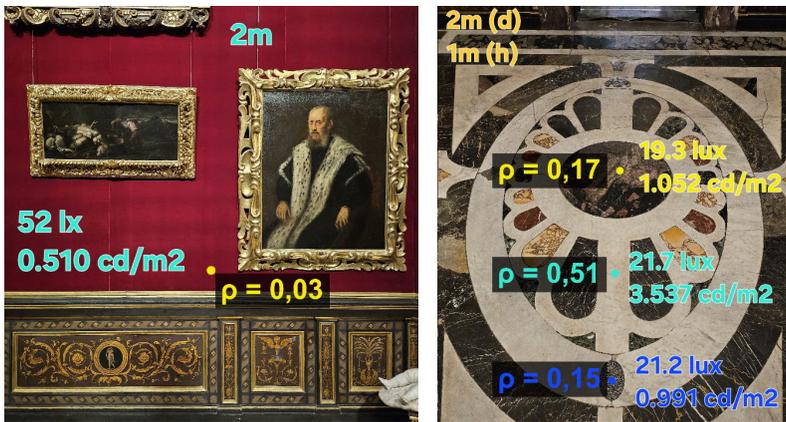
Fig. 1. La sensibilità degli esseri umani alle differenti lunghezze d'onda (colori) non è lineare ma segue un andamento a campana; la curva di sensibilità *fotopica*, in normali condizioni di illuminazione, ha il suo picco a 555 nm (verde-giallo), mentre in condizioni di luminosità molto ridotta, la curva (*scotopica*) è spostata verso le lunghezze d'onda minori, con picco a 510 nm (ciano-verde). Il passaggio da una condizione all'altra non è chiaramente improvviso, è presente una situazione intermedia denominata *mesopica*.



Fig. 2. La luminosità percepita delle varie aree presenti nel campo visivo dipende in prima istanza dal rapporto di luminanza fra le zone a luminanza maggiore e quelle a luminanza minore. Altri fattori importanti sono l'adattamento visivo, i rapporti di contrasto e la complessità della scena stessa. Contrasti troppo elevati possono compromettere la capacità degli individui di vedere le opere.



Figg. 3 e 4 - Fotografia de il Concerto, di Leandro Bassano, scattata da un punto di osservazione privilegiato del quadro. Il dipinto è quasi irriconoscibile per via della luminanza velante prodotta dalle finestre. A destra, lo schema per la determinazione del volume d'offesa in sezione.



Figg 5 e 6 - Misurando luminanza e illuminamento delle superfici è possibile ricavare l'indice di riflessione del materiale attraverso la formula $\rho = L \pi / E$ (dove L è la luminanza ed E l'illuminamento). Materiali poco riflettenti come il velluto rosso, molte delle pietre e delle finiture rendono la quantità di luce indiretta (riflessa) molto ridotta e il contrasto visivo con le finestre (durante il giorno) molto netto e difficoltoso da gestire.